

UNIVERSITÉ DE NEUCHÂTEL - FACULTÉ DES LETTRES

**EFFETS PSYCHOPHYSIOLOGIQUES
D'UNE SITUATION MONOTONE
DANS DIFFÉRENTES CONDITIONS
EXPÉRIMENTALES**

THÈSE

présentée à la Faculté des lettres de l'Université de Neuchâtel
pour obtenir le grade de docteur ès lettres

par

ETIENNE PERRET

1964



JURIS-VERLAG ZÜRICH
1964

**EFFETS PSYCHOPHYSIOLOGIQUES
D'UNE SITUATION MONOTONE
DANS DIFFÉRENTES CONDITIONS
EXPÉRIMENTALES**

THÈSE

présentée à la Faculté des lettres de l'Université de Neuchâtel
pour obtenir le grade de docteur ès lettres

par

ETIENNE PERRET



JURIS-VERLAG ZÜRICH
1964

La Faculté des lettres de l'Université, sur le rapport de MM. E. Grandjean, professeur à l'Ecole polytechnique fédérale, et Ph. Muller, professeur à l'Université de Neuchâtel, autorise l'impression de la thèse présentée par M. Etienne Perret, en laissant à l'auteur la responsabilité des opinions énoncées.

Neuchâtel, le 24 avril 1964.

Le doyen:
Jean-Blaise Grize



A mes parents et à ma femme

Ma profonde reconnaissance va à

Monsieur le Professeur E. Grandjean

pour l'aide et le soutien scientifiques et humains qu'il a bien voulu m'apporter
au cours de mon travail.

Je remercie également

Monsieur le Professeur Ph. Muller

dont les conseils m'ont été précieux.

TABLE DES MATIÈRES

1.	Introduction	7
2.	Travaux antérieurs et hypothèses	9
2.1.	Etudes et expériences dans le domaine de la monotonie	9
2.1.1.	Performance	10
2.1.2.	Sentiments	10
2.1.3.	Corrélat physiologiques de la monotonie	11
2.1.4.	Causes des sentiments de monotonie	12
2.1.5.	Remèdes contre la monotonie	13
2.2.	Etudes et expériences dans le domaine de la vigilance	14
2.2.1.	Définitions	14
2.2.2.	Exemples pratiques	15
2.2.3.	Etude expérimentale de la vigilance	15
2.2.3.1.	Modalité sensorielle	15
2.2.3.2.	Fréquence des signaux utiles	16
2.2.3.3.	Complexité de la tâche	16
2.2.3.4.	Localisation spatiale	17
2.2.3.5.	Localisation temporelle	17
2.2.3.6.	Effets de la durée de la tâche	18
2.2.3.7.	Pauses de travail	19
2.2.3.8.	Répétition de la tâche	19
2.2.3.9.	Influence des signaux non-utiles	20
2.2.3.10.	Facteurs secondaires	20
2.2.4.	Effets subjectifs de la vigilance	21
2.2.5.	Effets physiologiques de la vigilance	21
2.3.	Etudes et expériences dans le domaine de la privation sensorielle	22
2.3.1.	Effets perceptifs de la privation sensorielle	23
2.3.2.	Hallucinations	24
2.3.3.	Effets cognitifs	24
2.3.4.	Signes affectifs et émotionnels	25
2.3.5.	Effets psychomoteurs	25
2.3.6.	Effets physiologiques	26
2.4.	Données neurophysiologiques	27
2.4.1.	Ergotropie et trophotropie	27
2.4.2.	Système réticulaire activateur ascendant	28
2.4.3.	Influences subies par le système réticulaire activateur	30

2.4.4.	Relations entre système réticulaire activateur et fonctions autonomes	30
2.4.5.	Système thalamique freinateur ascendant	31
2.4.6.	Rapport entre systèmes réticulaire activateur et thalamique freinateur	32
2.4.7.	Mécanisme de l'habituation	32
2.4.8.	Hypothèse de l'U renversé	33
2.4.9.	Monotonie, vigilance et privation sensorielle sous l'angle de la neurophysiologie	34
2.4.9.1.	Monotonie et vigilance	34
2.4.9.2.	Privation sensorielle	35
2.5.	Conclusions et hypothèses	35
3.	Partie expérimentale	39
3.1.	Techniques de mesure	40
3.1.1.	Fréquences de fusion visuelles	40
3.1.2.	Temps de réaction simples visuels	40
3.1.3.	Actographie	41
3.1.4.	Fréquence cardiaque	42
3.1.5.	Température cutanée	43
3.1.6.	Résistance électrique cutanée	44
3.1.7.	Fréquence respiratoire	46
3.1.8.	Enregistrement des mesures et dépouillement	46
3.1.9.	Questionnaire	49
3.2.	Expérimentation	50
3.2.1.	Sujets	50
3.2.2.	Variables expérimentales	51
3.2.3.	Local d'expérience	53
3.2.4.	Déroulement de l'expérience	53
3.2.5.	Résumé de la partie méthodologique	54
3.3.	Résultats	55
3.3.1.	Fréquences de fusion visuelles	56
3.3.2.	Temps de réaction simples visuels	59
3.3.3.	Actogramme	61
3.3.4.	Fréquence cardiaque	64
3.3.5.	Température cutanée	66
3.3.6.	Résistance électrique cutanée	69
3.3.7.	Fréquence respiratoire	73
3.3.8.	Analyses de Fourier	75
3.3.9.	Mesure de performance: Traduction	77
3.3.10.	Questionnaire	78
3.3.11.	Relations entre les différentes variables expérimentales	82
3.4.	Discussion	88
4.	Résumé et conclusions	97
	Annexe	99
5.	Bibliographie	105

1. Introduction

Les progrès techniques de l'industrie permettent progressivement de remplacer les travaux de force par de occupations qui exigent surtout une attention soutenue, mettant plus fortement à contribution le système nerveux central que ce n'était le cas précédemment. Les postes de travail qui impliquent une activité de contrôle ou de surveillance notamment, sont souvent caractérisés par une absence presque totale d'activité motrice. Or, l'absence de mouvements exigés et les longues périodes pendant lesquelles aucune information utile ne parvient au travailleur représentent pour celui-ci une tension nerveuse considérable. La conséquence fréquente en est un mécontentement à l'égard du travail, une désadaptation sociale et familiale, une insatisfaction générale.

Trois domaines de la psychologie sont en rapport étroit avec les problèmes posés par les travaux à activité sensorielle et motrice faible. Nous pensons aux études sur la monotonie et sur la vigilance d'une part, et aux recherches sur la privation sensorielle d'autre part. Les deux premiers domaines placent les sujets dans des situations où l'activité sensorielle et motrice est soit répétitive et uniforme, soit faible et rare. Dans la privation sensorielle par contre, on trouve une situation extrême, dans le sens que toute activité sensorielle est rendue impossible par l'élimination des stimulations extéro- et proprioceptives, et que toute activité motrice en outre est interdite aux sujets.

Par la découverte de systèmes sous-corticaux diffus élevant ou abaissant le niveau d'activité du système nerveux central, la neurophysiologie a apporté une contribution fondamentale à la compréhension des mécanismes en cause dans les études psychologiques de la monotonie, de la vigilance et de la privation sensorielle, et elle a permis d'établir des hypothèses véritablement *psychophysiologiques* en ce qui concerne les études dont la caractéristique principale est la faible quantité de stimulations extérieures.

C'est en considérant les relations entre données psychologiques et neurophysiologiques que nous avons effectué le présent travail. Nous

avons choisi l'inactivité comme situation expérimentale de base: En effet, les recherches sur la monotonie et la vigilance, outre qu'elles ne reposent pas au départ sur des hypothèses réellement psychophysiologiques, se recoupent pour une part non négligeable tant dans la situation qu'elles imposent que dans les résultats qu'elles fournissent, alors que leurs différences n'ont pas encore été spécifiées clairement. A l'opposé, la privation sensorielle place les sujets dans une situation nettement anormale et donc stressante. Une *situation monotone d'inactivité* par contre peut être bien définie par la quantité de stimulations extérieures qu'elle contient et par l'absence de tâche confiée aux sujets, laissés libres — et susceptibles — de penser et rêver comme bon leur semble. A titre de *contrôle* nous avons confié à nos sujets une tâche complexe faisant appel aux fonctions psychologiques principales — perception, intelligence et mémoire, psychomotricité.

Il est connu que le comportement de l'être humain est fortement influencé par son état général, dépendant pour une bonne part des fonctions autonomes. Afin de pouvoir recueillir des indications concernant l'effet psychophysiologique de l'*état général* de nos sujets, nous l'avons donc modifié expérimentalement selon l'une de ses dimensions, en faisant ingérer aux sujets soit un petit soit un gros repas avant les séances expérimentales.

Dans nos mesures nous nous sommes adressés à trois «niveaux» de l'être humain: a) par un questionnaire (et par la performance exigée dans les séances de contrôles) nous faisons appel à des fonctions psychologiques différenciées. b) Pour apprécier le niveau d'activité surtout corticale de nos sujets nous avons mesuré la motilité spontanée, les fréquences de fusion visuelles et les temps de réaction simples visuels. c) Par l'enregistrement des fréquences cardiaque et respiratoire et des température et résistance électrique cutanées c'est l'activité des fonctions autonomes que nous avons cherché à mesurer. Il devait nous être possible ainsi, en partant d'une hypothèse reliant les connaissances psychologiques et physiologiques actuelles, d'examiner psychologiquement et physiologiquement les effets de diverses situations sur l'ensemble psychophysiologique de nos mesures.

2. Travaux antérieurs et hypothèses

2.1. ÉTUDES ET EXPÉRIENCES DANS LE DOMAINE DE LA MONOTONIE

Dans la littérature traitant spécifiquement de la monotonie les auteurs se sont intéressés à l'individu soumis à une situation extérieure monotone aux points de vue surtout a) des stimuli utiles (pièces toujours identiques à usiner), b) du rythme de travail (cadence imposée, constante), et c) des gestes à effectuer (répétitifs). Dans la vie pratique c'est surtout le travail à la chaîne de l'industrie semi-automatisée que l'on a jugé comme provoquant la monotonie. Bramesfeld (39) distingue entre les travaux répétitifs exigeant une attention constante et ceux qui laissent l'ouvrier libre de penser à autre chose, mais il n'y a pas là de différence autre que dans le degré de complexité.

En laboratoire par contre, les tâches utilisées pour provoquer la monotonie chez des sujets humains sont diverses. Pour les deux raisons suivantes les chercheurs ne se sont pas contentés d'imiter le travail à la chaîne: d'abord, Rüssel (203) insiste à juste titre sur la difficulté de déterminer le réel degré de monotonie d'un travail; là où l'observateur ne voit que la répétition stéréotypée d'une séquence plus ou moins longue de gestes, l'opérateur, lui, distingue souvent des détails minimes mais suffisants pour donner à la tâche une certaine variété (le travail de Thomas [223] auprès de contrôleurs industriels en donne une idée). On a donc cherché des tâches dont on pût être sûr qu'elles fussent monotones pour le plus grand nombre de sujets possible. Ensuite, l'uniformité peut être surtout sensorielle ou surtout motrice: les deux tâches les plus extrêmes dont nous ayons eu connaissance sont le «monotonomètre» de Giese (utilisé par Quednau [192]) qui ne demande au sujet que de prendre une bille par seconde en A pour la mettre en B₁ ou B₂, donc tâche essentiellement motrice, et à l'opposé, la conduite automobile simulée de Barten-

werfer (22), où le sujet pendant presque deux heures doit se concentrer du regard sur un film représentant une route uniforme dans la nuit avec des signaux rares, donc tâche à dominance sensorielle.

Les résultats des recherches sont semblables dans l'industrie et en laboratoire. Nous ne tiendrons donc pas compte de ce facteur.

2.1.1. *Performance*

Si l'on examine la performance des sujets ou des ouvriers dans des tâches monotones, trois données ressortent (Wyatt, 240) : En premier lieu, une alternance irrégulière de performances basses et élevées, semblant refléter la dominance, également alternante, du manque d'entrain, de la somnolence, puis celle de l'effort fourni, pour rattrapper le retard par exemple. En second lieu, il est fréquent d'observer une augmentation terminale de la performance, résultat que quelqu'un a nommé le «phénomène de l'écurie», suggérant que l'individu se réjouit de voir approcher la fin de son travail et fournit un dernier effort. Le troisième point est soulevé par Düker (68) qui a observé, dans un travail de courte durée il est vrai, que le fait d'imposer un rythme de travail pouvait augmenter la performance, à condition toutefois qu'il fût adapté au rythme personnel du sujet examiné. Ce résultat est aisément compréhensible, car la cadence imposée décharge l'individu de l'effort psychologique qu'est la volonté de produire le plus possible. Gemelli et Galli (84) ont observé dans l'industrie que les ouvriers préféraient une cadence imposée malgré les différences des rythmes personnels.

2.1.2. *Sentiments*

Sur le plan psychologique, les sentiments éprouvés dans des situations monotones n'ont pas été étudiés systématiquement, si ce n'est par Barmack (18, 19), qui a utilisé une tâche psychomotrice de poursuite (tracking) dans ses recherches sur l'ennui en fonction de drogues (benzédrine et éphédrine), de la température ambiante et de la motivation. De 15 en 15 minutes et pendant 2 heures, les sujets devaient donner des notes de 1 à 9 pour situer leurs sentiments entre des pôles subjectifs opposés, tels que intérêt-ennui, détendu-tendu, irrité-amusé, dispos-fatigué, somnolent-réveillé et attentif-inattentif. Les résultats sous benzédrine et éphédrine

sont intéressants, puisque ces drogues ont ralenti l'apprentissage de la tâche, donc abaissé la performance, alors que les sentiments négatifs d'ennui, d'irritation, de fatigue, de somnolence et d'inattention, étant retardés dans leur développement, témoignaient plutôt d'une augmentation de la disponibilité et de la motivation, confirmée indirectement par une élévation de la pression sanguine et de la fréquence cardiaque par rapport au placebo. Tout se passe comme si une difficulté de travail supplémentaire excitait les sujets, les encourageait à se donner plus de peine. Bartenwerfer (20, 21) mentionne, comme sentiments les plus fréquents allant de pair avec celui de la monotonie: somnolence, apathie, hallucinations, impression d'incapacité de se concentrer, fatigue. Mais trois points sont importants ici. D'abord Quednau (192) et Bartenwerfer (21) font remarquer qu'il y a de fortes différences interindividuelles quant à la nature et surtout quant au degré des réactions subjectives à une tâche monotone, dépendant surtout des différences de personnalité. Un autre point important est celui de l'aspect *phasique* des sentiments. Ainsi, à la somnolence passagère succède une période particulièrement active et éveillée, puis à nouveau de somnolence etc. Ce phénomène, rapporté par Bartenwerfer (21) et par Heron (107) (à propos de l'ennui), correspond à la périodicité de la performance mentionnée plus haut. Il serait intéressant d'examiner de manière précise le rapport temporel existant entre les deux alternances objective et subjective. En général on a tendance à admettre qu'un sentiment négatif correspond à un rendement faible. Mais les résultats de Barmack (18) dont nous avons parlé remettent cette opinion en question. Le dernier point qui mérite l'attention concerne le fait que les sentiments négatifs disparaissent dès que cesse la tâche qui les a fait naître.

2.1.3. *Corrélat physiologiques de la monotonie*

Pavlov (180) avait déjà remarqué qu'une stimulation brève mais répétée de nombreuses fois et de manière continue provoquait un sommeil profond chez ses chiens les mieux conditionnés. On peut certainement parler ici d'une monotonie extrême, aboutissant à l'inhibition du comportement actif. Toutes les expériences ultérieures portant plus spécifiquement sur la monotonie confirment l'opinion de Pavlov: Bartenwerfer (24) observe une baisse de la consommation d'oxygène, de la pression artérielle, de la fréquence cardiaque et du tonus musculaire lors de tâches monotones. De même, l'EEG évolue dans le sens d'un tracé de somnolence inattentive avec dominance du rythme alpha lent. Heron (107)

trouve également un ralentissement de la fréquence du rythme alpha, de 9—10 vers 8—9 Hz. Kennedy (131) était assez convaincu de l'importance de cette dominance alpha, puisqu'il a essayé de l'utiliser pour déclencher un signal d'alarme chez des sujets effectuant un travail monotone et tendant à s'endormir. Comme c'est le cas des sentiments éprouvés dans des tâches uniformes, les signes physiologiques de la monotonie disparaissent avec la monotonie elle-même; par contre la périodicité n'est pas observée ici, pas nettement du moins, puisque Bartenwerfer (20) remarque que les signes physiologiques qu'il mentionne augmentent progressivement d'importance.

2.1.4 *Causes des sentiments de monotonie*

Pour isoler les facteurs causes de sentiments de monotonie nous nous adressons d'abord à deux classiques de la psychologie: Munn, Dans son traité de psychologie (172), définit l'attention comme «l'adaptation considérée du point de vue de sa contribution au processus de la perception ou de l'action». Une tâche monotone provoque donc des sentiments de monotonie, parce qu'elle rend toute attention — et nous ajoutons toute conscience, ou tout effort conscient — inutile, l'adaptation à la tâche ayant été accomplie tout au début de celle-ci. Piéron (190) écrit de son côté: «Si aucun intérêt ne se manifeste, si aucune direction ne sollicite l'activité, celle-ci cesse, et l'organisme tombe dans un engourdissement qui peut conduire au processus du sommeil...» Par «activité» Piéron entend ici une activité consciente, non-automatique, et justement le contraire de celle d'un individu effectuant une tâche monotone. Les citations de Munn et de Piéron se complètent. Dans une tâche monotone aucune attention n'est nécessaire dès que l'apprentissage de la tâche est terminé, amenant la performance à un niveau stable. Et lorsqu'aucune attention n'est nécessaire dans une tâche, l'intérêt ne se manifeste plus, aucune direction ne sollicite plus l'activité et le sujet tombe dans l'engourdissement.

Les différences interindividuelles dans la susceptibilité à la monotonie proviennent des facteurs psychologiques principaux suivants: Tout d'abord, on a fréquemment mis en rapport la susceptibilité à la monotonie et la *personnalité*, supposant que l'extraversion favorise les sentiments de monotonie, alors que l'introversion les empêcherait plutôt en permettant une vie intérieure plus riche qui remplit le vide laissé par une tâche uniforme. Parmi les chercheurs ayant étudié les sentiments de monotonie sous l'angle de la personnalité, Smith (211) n'a pas trouvé ce rapport mais

Bartenwerfer (20), Lossagk (147) et d'autres l'observent expérimentalement ou empiriquement. La relation entre monotonie et *intelligence* est généralement niée (Bartenwerfer, 20, Smith, 211, Thompson, 224). Par contre Zweig (242), parle d'une dévalorisation du travail par l'introduction de tâches simples et monotones, et il fait appel à un niveau d'aspiration qui dépend aussi de l'intelligence. La *motivation* doit jouer un rôle important. A l'appui de cette idée nous avons les résultats de Barmack (19) qui a observé une augmentation marquée du rendement, du jugement subjectif d'intérêt et d'attention, et même une légère élévation de la pression artérielle et de la fréquence cardiaque lorsqu'il donnait une récompense à ses sujets. Finalement, mentionnons encore que Smith (211) a trouvé que l'âge jouait un rôle dans la susceptibilité à la monotonie, les sujets de moins de 20 ans étant plus susceptibles que ceux de plus de 20 ans.

2.1.5. *Remèdes contre la monotonie*

Pour terminer, nous exposerons brièvement les remèdes proposés pour combattre la monotonie. Nous nous référons surtout aux travaux de Bartenwerfer (71, 23, 24), Bramesfeld (39), Bugard (49), Fontegne (74), Friedmann (80), Graf (89), Grandjean (92), Quednau (192), Viteles (228) et Wyatt et collab. (241, 242).

1. Avant de confier un travail uniforme à un ouvrier, il faudrait examiner sa susceptibilité à la monotonie, ce qui est possible d'abord en lui faisant effectuer une tâche monotone et en observant son rendement et ses réactions, et en examinant son degré d'extra-introversion. Un test de niveau intellectuel peut également fournir des indications utiles. 2. On a également conseillé d'augmenter la variété du travail, soit en augmentant la diversité des opérations et en laissant l'ouvrier libre de modifier leur succession, soit en faisant passer l'ouvrier d'un poste de travail à un autre. La première solution présente des exigences supplémentaires quant à la formation, car augmenter le nombre des opérations implique un accroissement des connaissances nécessaires. La seconde, outre qu'elle se heurte souvent à l'opposition des ouvriers, implique une adaptation à chaque nouvelle tâche; pourtant des expériences concluantes auraient été faites de cette manière. 3. La réintroduction d'une cadence de travail libre a également été proposée. Mais d'une part les ouvriers ne la désirent guère, car elle les force à fournir un effort de vitesse constant pour gagner le plus possible, alors qu'à cadence imposée ils sont déchargés de ce souci. On a remarqué d'ailleurs que l'ouvrier peut introduire malgré tout son rythme personnel dans son travail, dans une certaine mesure du moins,

par exemple en prenant de l'avance, la reperdant, et ainsi de suite. Dans les cas où une telle introduction de variété par l'ouvrier est impossible en raison de la nature du travail effectué tout au long de la chaîne, il faudrait s'efforcer de simplifier les opérations à un point tel, qu'elles ne requièrent plus la moindre concentration, donnant à l'ouvrier la possibilité de laisser vagabonder sa pensée sans risque de fautes ou de danger. 4. Puisqu'on peut concevoir la monotonie comme étant due à l'absence de stimulations extérieures attirant l'attention, il faut admettre que l'intervention de stimulations secondaires permettrait justement de raviver l'attention. Ainsi on a proposé: a) d'intercaler des pauses courtes mais assez nombreuses et obligatoires, b) d'introduire de petits travaux annexes et sans rapport avec la tâche principale, c) de favoriser les contacts sociaux avec les voisins pendant le travail, d) de permettre à l'ouvrier de se mouvoir à son gré, e) de reproduire des enregistrements musicaux, non pas de manière constante, mais surtout lorsque le rendement tend à fléchir.

2.2. ÉTUDES ET EXPÉRIENCES DANS LE DOMAINE DE LA VIGILANCE

2.2.1. Définitions

Mackworth (151) définit le vigilance comme un état permettant d'être prêt (state of readiness) à détecter et à répondre à certains changements faibles spécifiés se produisant dans l'entourage à des intervalles temporels aléatoires. Buckner et McGrath (48) donnent trois définitions différentes de la vigilance: performance dans des tâches de surveillance, attention pendant des périodes de temps prolongées, et état permettant d'être prêt à répondre à des signaux peu fréquents et de faible intensité apparaissant à des intervalles imprévisibles; cette troisième définition est bien, avec celle de Mackworth qui lui est identique, ce qu'on entend aujourd'hui par vigilance. Mais les signaux ne sont pas toujours faibles (c'est à dire proches du seuil perceptif) et l'incertitude de l'apparition n'est pas seulement temporelle, elle peut également être spatiale. Pour cette raison nous avons défini les tâches de vigilance comme des «situations expérimentales dans lesquelles le sujet doit être attentif à des stimuli extéroceptifs rares et irréguliers, auxquels il faut répondre correctement et le plus vite possible» (187).

2.2.2. Exemples pratiques

Le problème de la vigilance n'est pas né de considérations théoriques. On le rencontre dans la vie de tous les jours et surtout dans certaines situations professionnelles. Un exemple-type est celui du contrôleur de produits usinés à la chaîne, dont le travail consiste à détecter celles qui sont défectueuses parmi de nombreuses pièces défilant devant lui de manière monotone. Mackworth cite un poste de travail où 30 000 pièces devaient être regardées par journée de travail; en comptant 10% de déchets, cela représentait une pièce à détecter par seconde en moyenne, les intervalles entre deux pièces à rejeter n'étant pas réguliers. A l'opposé, nous pensons aux opérateurs-radar militaires qui jour après jour observent les écrans de radar pour y détecter un éventuel avion ennemi venant attaquer leur pays. Les signaux de danger éventuel se présentent ici à raison de un par mois ou plus rarement encore. Entre ces deux extrêmes il existe une multiplicité d'exemples où la vigilance intervient, comme celui de l'automobiliste qui doit être prêt à s'arrêter immédiatement devant un enfant traversant imprudemment la chaussée, celui du contrôleur dans l'industrie chimique ayant à détecter un éventuel avertissement de danger sur des cadrans ou des voyants, etc.

2.2.3. Etude expérimentale de la vigilance

Il est frappant de voir combien les chercheurs se sont éloignés du problème pratique, pour en arriver à des expériences de laboratoire dépendant toujours plus de théories ou d'hypothèses explicatives.

Dans la grande majorité des cas, on a étudié la vigilance en observant la performance de sujets à des tâches spécifiques. Les *mesures de performances utilisées* le plus souvent sont: a) le pourcentage de signaux utiles détectés par rapport à l'ensemble des signaux utiles, b) le pourcentage d'omissions de signaux utiles par rapport à l'ensemble des signaux utiles, c) le nombre de réponses fausses ou spontanées, c'est à dire le nombre de réponses données soit en l'absence de signaux utiles, soit à des signaux utiles qui exigeaient une autre réponse, d) le temps de réaction ou le temps de réponse, e) l'intensité de stimulation nécessaire pour provoquer à coup sûr une réponse.

2.2.3.1. La *modalité sensorielle* à laquelle les tâches de vigilance font appel est généralement la vision. Cependant quelques tâches auditives ont été rapportées, par exemple Bakan (6). Il ne sera pas nécessaire de

distinguer entre tâches visuelles et auditives, car les résultats sont comparables pour ces deux modalités sensorielles (Mackworth, 150).

2.2.3.2. *Fréquence des signaux utiles*: Le facteur primordial dans les tâches de vigilance est la fréquence des signaux utiles. Les résultats de Deese et Ormond (64) révèlent une relation nette entre fréquence des signaux et % détection, les valeurs extrêmes étant de 10 signaux/h (46% de détection) et 40 signaux/h (90% de détection). Cette corrélation entre fréquence des signaux et % de détection est généralement confirmée.

2.2.3.3. *La complexité de la tâche* influence également les performances des sujets, tant en ce qui concerne les signaux que la réponse exigée. Adams et collab. (1), avec un écran de radar simulé, ont fait varier la complexité des signaux en les faisant apparaître en 6 ou 36 endroits différents de l'écran; les réponses étaient soit une réponse sur un bouton unique (réponse simple) soit une réponse sur un bouton parmi 4 possibilités (réponse complexe). Les temps de réaction mesurés vont en augmentant dans l'ordre suivant: 6 localisations, réponse simple — 6 localisations, réponse complexe — 36 localisations, réponse simple — 36 localisations, réponse complexe. Jerison et Wallis (125) ont fait varier la complexité de la tâche en utilisant soit une sont trois «horloges de Mackworth» (il s'agit du dispositif employé dans la première expérience de vigilance, par Mackworth (149): une aiguille tourne sur un cadran non gradué à raison d'un petit bond par seconde et de 60 bonds par révolution. A intervalles irréguliers l'aiguille fait un bond double, signal que le sujet doit détecter.). La fréquence des signaux était de 30/h pour chaque horloge, la condition simple impliquait donc une seule source de stimulation et 30 signaux/h, et la condition complexe comptait 3 sources de stimulation et 90 signaux/h. L'analyse globale des % de détection respectifs en fonction du temps montre a) une valeur plus faible pour la condition complexe, et b) une valeur plus constante dans le temps pour le condition complexe également. Monty (169) a centré son étude sur l'effet de la complexité de la réponse: une fois un signal simple (voyant lumineux) détecté, le sujet devait soit a) donner une réponse simple tant au point de vue moteur que sensoriel, soit b) effectuer une séquence complexe de gestes, soit c) tenir compte d'une information sensorielle supplémentaire complexe, soit encore d) donner une réponse impliquant b) et c). Exprimée en % d'omissions, la performance est meilleure en b) et c) qu'en a), et en d) elle est inférieure à a). Il semble donc qu'un certain degré de complexité dans la réponse améliore ici la performance, alors qu'une trop grande complexité l'abaisse de nouveau.

2.2.3.4. La *localisation spatiale* des signaux influence aussi la performance. Mackworth (149) ne modifie pas la performance de ses sujets en attirant leur attention sur une partie du cadran où les signaux ont le plus de chances d'apparaître, alors que Tarrière et Wisner (222), dans une épreuve de conduite automobile simulée, observent un % d'omissions plus élevé pour les signaux périphériques que pour les centraux, la différence n'étant pas significative il est vrai. Baker (7) obtient un résultat analogue avec un écran de radar simulé; de plus il aboutit à la performance optimale de ses sujets en attirant leur attention sur la périphérie de l'écran.

2.2.3.5. La *localisation temporelle* des signaux est composée de deux éléments: d'une part l'intervalle moyen, qui peut être ramené à la fréquence des signaux dont nous avons déjà parlé, et d'autre part, la *régularité* ou l'*irrégularité* des intervalles entre les signaux. Sans que la corrélation soit nette, Deese (63) trouve que les signaux précédés d'un long intervalle sont plus facilement détectés que ceux qui sont précédés d'un intervalle court. Une indication semblable — et aussi peu nette — se trouve chez Mackworth (149). McCormack (162) par contre, n'obtient pas de différence dans les temps de réaction en réponse à un signal lumineux simple en fonction de l'intervalle. Les recherches de Boulter et Adams (37) donnent des résultats d'une complexité telle qu'on en perd l'envie d'étudier le problème. En effet, lorsque les temps de réaction sont mis en relation avec des intervalles de temps très variables — 15 à 900 sec. — on observe une augmentation concomitante des deux jusqu'à 600 sec. d'intervalle, alors qu'à 900 sec., les temps de réaction sont de nouveau plus courts. Si les intervalles sont peu variables — 120 à 270 sec. — c'est l'inverse qui se produit, à savoir, les temps de réaction sont d'autant plus courts que l'intervalle est long. Les auteurs n'expliquent pas ces résultats apparemment contradictoires, leur but n'étant que de réfuter une théorie de la vigilance. Pour terminer mentionnons encore deux expériences élégantes de Baker (9, 12): dans la première, 20 signaux sont présentés à intervalles constants, alors que dans la seconde 8 signaux sont présentés à intervalles variables; les deux fois un dernier signal est présenté, suivant les précédents à des intervalles différents d'une séance à l'autre, et allant de durées inférieures à celle des intervalles égaux ou à la moyenne des intervalles variables précédents, jusqu'à des durées supérieures à ces deux valeurs. Le résultat est que les temps de réaction ont tendance à être plus courts et les % de détection à être plus élevés lorsque le dernier intervalle a une durée proche de la moyenne des intervalles précédents.

2.2.3.6. Les effets de la *durée de la tâche* sont complexes et ne peuvent être considérés isolément. Mackworth (157) a observé une baisse nette du % de détection de la première à la deuxième demi-heure, la performance se stabilisant ensuite. Les expériences ultérieures utilisant également une tâche simple ont systématiquement confirmé ce résultat. Whittenburg (234) trouve une baisse de performance significative entre la première et la deuxième demi-heure lui aussi, tant en considérant les temps de réaction que le % d'omissions. Dans le dispositif expérimental de Garvey et collab. (82) un seul signal est donné au cours d'une séance expérimentale, après des attentes de 5 à 120 min., et la performance est mesurée par l'intensité lumineuse du signal nécessaire pour déclencher la réponse. Les résultats en fonction du temps sont assez complexes: baisse de performance (= élévation du seuil visuel) pendant les 5 premières min., suivie d'un plateau pendant les 10 min. suivantes, puis nouvelle baisse jusqu'à la 60^e min., et finalement, légère amélioration du seuil de la 60^e à la 120^e min. Jerison et Wallis (125) ont obtenu la même courbe de performance que Mackworth avec une seule horloge, et une performance stable avec trois horloges; en analysant plus finement les résultats, Jerison et Wallis trouvent également une baisse du % de détection, égale à celle observée avec une horloge, mais se produisant au cours de 3 premières min. de l'expérience. Il semblerait que la complexité de la tâche provoque la même baisse de performance quelque soit son degré, par contre cette baisse se produirait d'autant plus rapidement que la tâche est plus complexe. Dans une étude ultérieure, Jerison (121) examine les % de détection en fonction d'une durée de 26 minutes, pour trois groupes de sujets différents, à savoir a) sujets ne connaissant pas la tâche et s'attendant à une courte durée de travail (30 min. environ), b) sujets connaissant la tâche et s'attendant à une longue durée de travail (2 heures et quart) et c) sujets ne connaissant pas la tâche et s'attendant une longue durée de travail. Les résultats, sans être très nets, permettent de supposer des courbes de rendement partant et aboutissant aux mêmes valeurs pour les trois groupes, mais différentes entre les deux points extrêmes: a) aurait une baisse lente d'abord puis rapide en fin de séance, b) aurait une chute initiale rapide suivie d'un plateau et c) serait par une courbe intermédiaire entre celles de a et b. Il y aurait donc une sorte de prévision d'effort à fournir qui déterminerait le comportement initial de la courbe de performance, pour aboutir à un plateau final dans tous les cas. Chmelar (57) a étudié la vigilance pour des signaux acoustiques, en l'occurrence des syllabes dépourvues de signification, parmi lesquelles il fallait détecter celles qui contenaient un «e». Analysant ses résultats signal par signal pour toute la durée de l'expérience, soit une heure, Chmelar n'observe pas

de baisse de performance (augmentation du % d'omissions ou du % de réponses données en l'absence de signal relevant) en fonction de la durée. La seule donnée nette est une alternance irrégulière de périodes d'attention et d'inattention, c'est à dire une fluctuation de la performance, que l'auteur considère comme une des caractéristiques spécifiques de l'attention.

2.2.3.7. *Pauses de travail*: Mentionnons encore un facteur qui influence les courbes de performance aux tâches de vigilance, les pauses de travail. McCormack (160), dans une tâche de vigilance simple (réponse à un voyant lumineux s'allumant à intervalles irréguliers), a introduit une pause de 5 ou 10 min. pour 2 groupes expérimentaux après 40 min. de travail, le groupe de contrôle travaillant 50 min. sans interruption. Le résultat est une baisse de performance se prolongeant au delà de 40 min. pour les contrôles, alors qu'une pause de 5 min. permet aux sujet d'améliorer significativement leur performance et que la pause de 10 min. produit une amélioration plus marquée encore. Mackworth (149) avait obtenu une performance constante en introduisant une pause après chacune des 4 demi-heures de son expérience.

2.2.3.8. *Répétition de la tâche*: En rapport avec le temps, examinons les effets de la répétition d'une séance expérimentale. Adams et collab. (2) ont répété 9 fois une séance de vigilance de trois heures avec un jour d'intervalle chaque fois, et n'ont trouvé aucune modification de performance en fonction des répétitions des séances. Elliott (72), mesurant la performance par l'intensité des signaux nécessaire pour en provoquer la détection à coup sûr (seuil effectif), observe une légère augmentation de performance globale (donc abaissement du seuil effectif) d'un jour à l'autre pendant les premiers jours de son expérience, après quoi les valeurs se stabilisent. Lors de 3 séances successives, Pepler (186) observe d'une part une amélioration de la performance globale, et d'autre part que la baisse de performance, assez forte et constante pendant les deux heures du premier jour est moins forte le second jour, pour aboutir même à une amélioration en fin de séance le troisième jour. On pourrait parler ici d'une amélioration de l'endurance des sujets. Buckner (47) par contre, cite une de ses expériences dans laquelle une même séance expérimentale a été répétée 32 fois, et à chaque fois il a observé une baisse de performance en cours de séance. Baker (13) a examiné la fidélité des performances en fonction des sujets lors de 4 séances. Les corrélations entre les répétitions sont toutes positives, et significatives pour la plupart. La performance globale semble s'être plutôt améliorée de la première à la dernière

répétition, mais la baisse de performance à l'intérieur de chaque séance subsiste.

2.2.3.9. *Influence des signaux non-utiles*: Il reste un dernier facteur à discuter parmi ceux qui sont inhérents à la tâche de vigilance. C'est l'influence des signaux non-utiles, c'est à dire des signaux auxquels les sujets ne doivent pas répondre. Ces signaux sont probablement inévitables dans toute expérience. Whittenburg et collab. (235), avec l'horloge de Mackworth, les ont utilisés comme variable expérimentale, en demandant à leurs sujets de ne répondre qu'aux doubles bonds de l'aiguille dans une séance, et de répondre également aux bonds simples — signaux non-utiles — en appuyant sur un second bouton dans une autre séance. Whittenburg et ses collaborateurs n'ont pas trouvé de différence de performance aux deux séances. Indirectement, Wilkinson (237) fait intervenir les signaux non-utiles comme variable expérimentale lorsque dans une condition il impose aux sujets l'ensemble des 800 signaux parmi lesquels il faut en détecter 32 utiles et que dans la seconde condition c'est le sujet lui-même qui provoque la présentation des 800 signaux. De nouveau il n'y a pas de différence entre les performances dans les deux conditions.

2.2.3.10. *Facteurs secondaires*: a) *Motivation*. Une fois de plus, c'est Mackworth (149) qui, le premier, s'est attaqué à ce problème: après une certaine durée il envoyait un message téléphonique à ses sujets, les incitant à travailler le mieux possible. Il en résulta une augmentation passagère de la performance. Avec un voyant lumineux comme signal relevant McCormack (161) indique à ses sujets par deux voyants supplémentaires si leur dernière réponse à un signal a été plus rapide ou plus lente que la précédente. Cette connaissance du résultat précédent permet d'obtenir une performance meilleure et plus constante. b) Les effets du *bruit* sont assez curieux si l'on examine les deux travaux de Jerison et Wallis (126) et Jerison et Wing (124): de nouveau le dispositif expérimental est l'horloge de Mackworth, mais une fois une seule et l'autre fois trois horloges sont utilisées. Dans les deux cas une séance de contrôle a lieu avec 83 db et une séance expérimentale avec 113–114 db (bruit blanc), ce dernier bruit étant produit environ une demi-heure après le début de la séance. Les résultats sont nettement différents d'une étude à l'autre. Avec une horloge en effet, le bruit ne modifie ni les performances globales ni les baisses en fonction du temps. Avec trois horloges par contre, le bruit provoque une baisse de performance significative à la dernière demi-heure de la séance, la performance restant constante dans la séance de contrôle.

2.2.4. *Effets subjectifs de la vigilance*

Les *sentiments* éprouvés par les sujets effectuant une tâche de vigilance semblent avoir peu préoccupé les chercheurs, sans doute à cause de la difficulté à étudier objectivement et quantitativement ce facteur subjectif. Cependant, Bakan (6) s'est attaché à cette étude en demandant à ses sujets de répondre par oui ou par non à 78 items d'un questionnaire, après avoir effectué une tâche de vigilance auditive durant 48 minutes. Bakan isole 5 facteurs par une analyse factorielle et les interprète de la manière suivante: 1. «arousal» ou intérêt, 2. et 4. évaluation subjective de sa performance par le sujet, 3. frustration (désir d'abandonner avant la fin, de bouger, etc.), et 5. motivation.

2.2.5. *Effets physiologiques de la vigilance*

L'étude des modifications physiologiques dues à des tâches de vigilance a rarement été faite. Cependant Bakan (5) fait ressortir une opposition, caractéristique de la vigilance, de ce qu'il nomme une baisse d'activation psychophysiologique (EEG de somnolence, baisse des potentiels d'action musculaires) due à l'uniformité de la tâche, et d'une augmentation d'activation psychologique due à la motivation du sujet qui s'efforce d'atteindre une bonne performance. Cet effort se manifeste dans les autostimulations (selfstimulations) du sujet qui siffle, bouge, et se maintient éveillé de cette manière — mais s'empêche également de bien détecter les signaux à force de penser à rester éveillé. Kirihara (132) et Nishioka et collab. (174) ont noté les effets suivants d'une tâche de vigilance sur des fonctions dépendant surtout du système nerveux autonome: baisse des fréquences cardiaque et respiratoire; la conductance cutanée basale n'est guère modifiée; les fréquences de fusion visuelles sont abaissées à la fin de la tâche par rapport au début. On observe donc une baisse du niveau d'activation du système nerveux autonome. Si nous considérons maintenant la motilité spontanée des sujets, c'est à dire une résultante du niveau d'activation du système nerveux de relation, nous voyons, d'après les études de Baker (8 et 11) que les sujets bougent de plus en plus au fur et à mesure que leur travail progresse. Baker (4) rapporte un résultat curieux: si la motilité spontanée est une indication d'autostimulation de la part d'un individu qui craint de s'endormir, comme le suppose Bakan, on devrait trouver une motilité plus grande lorsque la fréquence des signaux utiles est faible que lorsqu'elle est élevée. Or Baker ne trouve pas de motilité différente, en

moyenne, pour des fréquences de signaux de 4, 12 et 60 par heure. De plus, la motilité augmente nettement pendant les trois premiers quarts d'heure d'une séance d'une heure à 60 signaux/h, l'augmentation est beaucoup moins marquée en fonction du temps pour 12 signaux/h, et il y a une légère diminution de la motilité en cours de travail pour 4 signaux/h! Ce résultat est donc l'inverse de ce qu'on aurait prédit en pensant à une autostimulation d'autant plus nécessaire que la tâche en elle-même est peu stimulante. Baker relate les faits sans en donner d'explication. Un dernier résultat concernant le rapport entre tâches de vigilance et fonctions physiologiques est celui d'Irvine (116) qui trouve une corrélation négative entre acuité visuelle et qualité de travail dans une tâche consistant à détecter des impuretés dans des ampoules contenant un produit pharmaceutique. Il s'agit là d'une sorte de compensation d'une insuffisance physiologique par un effort psychologique accru.

2.3. ÉTUDES ET EXPÉRIENCES DANS LE DOMAINE DE LA PRIVATION SENSORIELLE

En 1915 Pavlov (183) parlait de deux malades ayant perdu l'un l'ouïe d'un côté, l'autre un oeil et une oreille. Lorsqu'on les empêchait d'utiliser leurs organes sensoriels indemnes ils perdaient connaissance. Pavlov en a conclu à «la nécessité d'avoir un certain minimum de stimulations pour maintenir les grands hémisphères en activité».

Depuis la dernière guerre mondiale on a observé à mainte reprise (Solomon et collab. 215, Hebb, 104) d'anciens prisonniers des Russes et des Chinois qui revenaient parfaitement convaincus des idéologies politiques qui ont cours dans ces pays, alors qu'ils étaient connus antérieurement pour leurs convictions contraires. On a parlé alors de «lavage de cerveau», et on chercha à en connaître le principe technique et psychologique. L'interrogatoire des prisonniers révéla qu'on les avait maintenus dans un entourage très pauvre et parfaitement uniforme en stimulations sensorielles. Après un certain temps, tout en les gardant isolés ou entourés de gardiens muets, on leur faisait valoir la grandeur des idéologies en cause. N'ayant plus aucun point de comparaison, ni l'occasion de présenter leurs propres arguments, ils finissaient par croire à ce qu'on leur présentait si habilement.

Actuellement un nouveau problème se pose: celui des astronautes, seuls pendant des heures ou pendant des jours dans la cabine d'un satellite, soumis à un entourage restreint et hyperstable en stimulations externes (114).

Ces trois exemples ont en commun l'impossibilité pour les sujets de percevoir autour d'eux, d'une part une certaine *quantité*, mais surtout une certaine *variété* de stimulations externes. Que ce soit par exclusion accidentelle ou expérimentale du fonctionnement sensoriel ou par élimination de ce qui provoque le fonctionnement des organes récepteurs, le problème paraît être le même. Pour le sens commun ces données paraissent curieuses, puisque souvent nous recherchons le silence et l'obscurité pour nous reposer ou penser profondément.

Des expériences de laboratoire furent entreprises dans le but de découvrir les mécanismes impliqués. Heron (108) distingue trois degrés de privation sensorielle: a) L'isolement sensoriel, où l'on cherche à éliminer le plus possible toutes les stimulations externes, b) l'isolement perceptif, dans lequel les stimuli externes sont privés de leur structure, de leur signification, et c) la stimulation répétée, qui revient aux situations monotones des expériences de monotonie et de vigilance. Ce sont les aspects a) et b) qui nous intéressent ici. Les dispositifs expérimentaux ne nécessitent pas de description spéciale. Généralement le sujet est couché, dans une chambre sourde, petite et obscure. Selon les moyens à disposition l'insonorisation est plus ou moins poussée. Et selon les chercheurs, l'élimination des stimulations extérieures est plus ou moins raffinée. A titre d'exemple, la privation sensorielle la plus poussée nous semble avoir été atteinte par Lilly et Shurley (143) (immersion des sujets dans l'eau, température constante à 34.0° C, obscurité, silence, immobilité). Mais d'une manière générale se sont surtout les stimulations auditives et visuelles que l'on cherche à éliminer.

2.3.1. *Effets perceptifs de la privation sensorielle*

Parmi les effets de la privation sensorielle sur la perception, mentionnons d'abord les résultats de Freedman et collab. (78): après 8 heures d'isolement les sujets perçoivent des figures simples et régulières (traits, triangles, croix, têtes de flèche) avec une forte distorsion (mouvement apparent du trait, déformation des angles, modification des longueurs); par rapport aux contrôles, l'illusion de Müller-Lyer est soit augmentée soit diminuée; et dans la figure réversible vase-visage de Rubin, la fréquence

des changements de perception est augmentée, révélant une instabilité perceptive accrue par l'isolement. Vernon et collab. (227) rapportent les effets suivants, avec la caractéristique curieuse qu'ils sont plus prononcés dans un groupe isolé pendant 48 heures que dans des groupes isolés l'un pendant 24 et l'autre pendant 72 heures: moins bonne identification des couleurs; par contre les résultats à des épreuves de perception en profondeur et de feedback auditif retardé ne sont pas modifiés chez les sujets expérimentaux par rapport aux contrôles. Finalement, Held et White (105) ont examiné la perception de la vitesse dans des séances expérimentales de 20 min. seulement et dans un isolement relatif; ils trouvent une sous-estimation de la vitesse de rotation d'une aiguille tournant à 60 degré/sec. Ainsi la privation sensorielle produit certains effets négatifs sur la perception aussi bien en déformant des figures géométriques connues et pouvant être considérées comme des formes prégnantes, qu'en modifiant quantitativement en plus ou en moins les erreurs perceptives normales.

2.3.2. *Hallucinations*

Assez proches des effets perceptifs, nous en venons aux hallucinations. Deux caractéristiques sont importantes (Heron, 107, Cohen, 58, Kubie, 135): D'abord, les hallucinations sont visuelles le plus souvent, mais parfois (et généralement plus tard) elles peuvent être auditives ou somesthésiques. Ensuite, elles sont simples au début (taches et points lumineux) pour devenir de plus en plus complexes et structurées (allant jusqu'à des scènes complètes, avec des personnages). Jackson et Kelly (118) réussissent à provoquer des hallucinations variées au cours d'un isolement d'une heure, après avoir averti le sujet que les hallucinations sont chose naturelle dans une situation expérimentale de ce genre. Ces auteurs concluent que leurs résultats proviennent de ce qu'ils avaient indirectement suggéré aux sujets d'avoir des hallucinations, et que des phénomènes semblables observés dans des expériences de plus longue durée peuvent être dus, par conséquent, à la consigne ou à l'expérience antérieure des sujets.

2.3.3. *Effets cognitifs*

Les effets sur la *pensée* — opératoire surtout — sont généralement semblables d'une expérience à l'autre. Heron (107), Goldberger et Holt (86) et Freedman et collab. (78) notent, d'une part une incapacité croissante de penser opératoirement pouvant aller jusqu'à l'incapacité d'énu-

mérer plus de 20 à 30 nombres dans l'ordre croissant. D'autre part, les sujets ne peuvent penser que de manière intermittente, et les moments productifs sont de plus en plus brefs. Ces effets se produisent dans l'espace de durées variables d'un sujet à l'autre. Le résultat de Grissom et collab. (98) concerne la *mémoire*: un texte entendu et répété une fois avant l'isolement est mieux retenu après 24 heures par les sujets expérimentaux que par les contrôles. Cette donnée n'infirme pas celle des effets cognitifs de la privation sensorielle mentionnés plus haut, mais démontre au contraire l'effet positif sur la mémoire de l'absence d'activité dirigée. Autre résultat encore, celui de Heron (108) qui, après 18 heures d'isolement, a fait entendre à ses sujets des textes sur les esprits, la télépathie et autres phénomènes parapsychologiques; à la fin des séances un questionnaire a montré que les sujets expérimentaux avaient été plus impressionnés par ces textes que les contrôles, et certains avouèrent même être allés dans une bibliothèque pour se documenter à fond sur les questions traitées.

2.3.4. *Les signes affectifs et émotionnels*

due à la privation sensorielle ne nous apportent guère de renseignements. En nous basant sur les travaux de Ruff et collab. (201), de Heron (107) et de Mendelson et collab. (166), nous notons des indications de peur (due aux hallucinations notamment), de labilité émotionnelle, d'incapacité de distinguer entre veille et sommeil; les sujets éprouvaient un plaisir particulier à se nourrir. Un élément intéressant rapporté par les sujets est l'alternance de sentiments positifs et négatifs.

2.3.5. *Effets psychomoteurs*

En ce qui concerne la motilité spontanée, Mendelson et collab. (166) notent chez leurs 2 sujets une augmentation en cours d'isolement, continue chez l'un (pendant une séance de 6 heures) et en fin de séance seulement chez l'autre (pour un isolement de 3 heures). Sur un plan plus évolué, Vernon et collab. (227) observent une légère baisse de performance au test de poursuite (poursuit rotor) à la fin d'un isolement de 48 heures, mais non après 24 ou 72 heures. Le résultat de Freedman et collab. (78) est semblable, puisque ces auteurs enregistrent une amélioration de performance (après par rapport à avant) moins marquée chez les sujets

expérimentaux que chez les contrôles. Vernon et collab. (227) ont examiné la performance au dessin en miroir. Après 48 heures d'isolement l'amélioration de performance, mesurée par le temps nécessaire pour accomplir la tâche, est nettement moins forte pour les contrôles que pour les sujets expérimentaux isolés pendant 24 ou 72 heures. Par contre, après 48 heures d'isolement, la *qualité* de travail augmente significativement, ce qui n'est pas le cas pour les autres groupes de sujets.

2.3.6. Effets physiologiques

Passant maintenant aux manifestations physiologiques produites par la privation sensorielle, nous nous arrêtons d'abord à l'*électroencéphalogramme* (EEG): Heron (108) note un ralentissement progressif du rythme alpha et une élévation concomittante du voltage; pendant les hallucinations le voltage baisse nettement, sans variation de la fréquence. Chez un sujet, Mendelson et collab. (166) trouvent, en 6 heures d'isolement, une alternance de tracés de veille et de somnolence ou de sommeil léger, alors que chez l'autre sujet il y a, en trois heures, une évolution lente du tracé jusqu'au sommeil confirmé, suivie d'un réveil assez rapide (en 15 min. environ) avec tracé de veille — et interruption de l'expérience peu après par le sujet. Les fonctions dépendant surtout du *système nerveux autonome* ont été peu étudiées. Davis (62) a utilisé deux degrés de privation sensorielle pendant 40 min. chaque fois: a) obscurité et silence, b) 27 lux et 65 db à 800 Hz. Il observe une *augmentation* de l'activité circulatoire, plus marquée en a) qu'en b), et une *baisse* de l'activité respiratoire. Davis interprète ce résultat comme une réaction d'attente d'un stimulus, qui évidemment n'apparaît pas dans une telle situation expérimentale. Mendelson et collab. (166) trouvent, chez un sujet (6 heures d'isolement), une évolution de la fréquence cardiaque assez parallèle à celle de l'EEG (valeurs relativement basses pendant le sommeil léger et plus élevées pendant la veille), mais en plus une accélération cardiaque et une augmentation de la variabilité des valeurs pendant les deux dernières heures de l'expérience; chez l'autre sujet (3heures d'isolement) la fréquence cardiaque est constante (et égale aux valeurs avant et après isolement) sauf au moment du réveil, où elle augmente d'environ 10 unités. En ce qui concerne la résistance électrique cutanée, Ruff et collab. (201) trouvent les variations habituelles de cette variable en fonction des états de sommeil et de veille, sans caractéristique qui serait due spécifiquement à la privation sensorielle. L'expérience de Vernon et

collab. (227) par contre est plus intéressante, puisque en mesurant la résistance électrique cutanée au début et à la fin de séances d'isolement de 24, 48 et 72 heures, ces auteurs voient que la privation sensorielle produit une *baisse* de la résistance cutanée d'autant plus marquée que la période d'isolement est plus longue, alors que chez les contrôles il y a une *augmentation* de résistance cutanée. Finalement, Vernon et McGill (226) rapportent une baisse systématique et significative du *seuil de la douleur* chez des sujets isolés pendant 4 jours, alors que chez les contrôles le seuil n'est que légèrement abaissé en moyenne, et il ne l'est pas chez tous les sujets de contrôle. Cette dernière donnée semble également indiquer une activation due à la privation sensorielle.

2.4. DONNÉES NEUROPHYSIOLOGIQUES

Nous avons déjà mentionné deux travaux de Pavlov (182, 183), où soit l'absence, soit la répétition monotone de stimuli extérieurs produisait le sommeil des sujets. Pavlov expliquait ces phénomènes par une inhibition active naissant en un point des hémisphères cérébraux et s'étendant progressivement à l'ensemble de ceux-ci, empêchant leur réactivité au monde extérieur tant qu'elle n'était pas vaincue par des stimuli vitaux, tels que la nourriture. Les éléments importants dans la conception de Pavlov (186) sont que le sommeil est une inhibition d'activité corticale — et donc une absence de comportement — et que d'autre part son origine et son lieu d'action sont localisés dans le cortex cérébral. Pour preuve que le sommeil peut être ramené à une inactivité corticale, Pavlov prenait le fait qu'un animal décortiqué reste somnolent. Considérer, comme le faisait Hess, que l'hypothalamus est «le siège du centre du sommeil» était pour Pavlov une «manière grossière de raisonner». Si la stimulation répétée de l'hypothalamus provoquait le sommeil ce ne pouvait être en effet que dans la mesure où la répétition même des stimuli créait une inhibition corticale.

2.4.1. *Ergotropie et trophotropie*

C'est à Hess (109, 110, 111, 112) que l'on doit la découverte fondamentale d'une activité et d'une inactivité comportementales dues toutes deux à une *activation* de structures diencephaliques. Si l'on avait déjà observé

auparavant des états de somnolence ainsi qu'un tracée EEG synchronisé (lent et amplement volté) après une transection au niveau mésencéphalique, ce qui faisait admettre que c'est l'absence d'afférences sensorielles qui produisait le sommeil, c'est Hess qui le premier a produit en sommeil véritable (c'est à dire avec tous les signes d'un sommeil naturel) en stimulant, donc en *activant* certaines régions diencephaliques (thalamiques surtout). Ainsi Hess avait découvert que le sommeil est un processus *actif* de restitution. Hess parle, tant à propos du sommeil que de la veille, de «regulierte zentrale Leistungsbereitschaft» (109). Qu'un individu soit éveillé et actif, ou somnolent et peu actif, ou encore profondément endormi et inactif, cela dépend de la dominance respective ou de l'équilibre régnant entre deux systèmes fonctionnels de base, le système ergotrope (dont la dominance aboutit à la veille et à l'activité comportementales) et le système trophotrope (dont la dominance aboutit au sommeil et à l'inactivité comportementale). Sur un plan psychophysiologique ces données sont de première importance: elles permettent de situer un comportement non pas entre deux pôles qui seraient l'activité maximum et l'activité nulle du système nerveux central, mais plutôt entre deux extrêmes également actifs, la dominance ergotrope (activité de relation avec le monde extérieur ou intérieur conscient) et la dominance trophotrope (activité végétative interne de restitution) (voir aussi Bremer, 40). Hess ne pense pas qu'il y ait contradiction entre ses propres résultats et ceux de Pavlov. Au contraire il interprète les données respectives comme indication supplémentaire des interrelations existant entre structures sous-corticales et corticales.

2.4.2. *Le système réticulaire activateur ascendant*

Un nouveau domaine de la neurophysiologie s'est ouvert avec la découverte, par Moruzzi et Magoun (171), de l'influence sur l'activité électrique corticale d'une stimulation de la formation réticulée du tronc cérébral. Ces auteurs observèrent en effet qu'en implantant des électrodes dans les formations réticulées bulbaire, mésencéphalique et diencephalique caudale ils pouvaient provoquer, en stimulant électriquement, un éveil ou «arousal» cortical, se manifestant par un tracé rapide et peu volté de l'EEG. Sur le plan comportemental les faits étaient parallèles, la stimulation réticulaire chez un singe réveillant celui-ci comme le ferait un stimulus naturel (154). En outre, des lésions étendues de la formation réticulée laissaient les animaux endormis tant qu'ils pouvaient être maintenus en vie. Par les

méthodes de stimulation et de lésion, Starzl et collab. (217) découvrirent ensuite que les effets réticulaires activateurs sont transmis au cortex par l'intermédiaire du thalamus d'une part, et d'autre part par une voie extra-thalamique. Un phénomène important est celui-ci (153): il est possible d'obtenir un éveil cortical par des stimulations sensorielles diverses, même après avoir sectionné les voies afférentes spécifiques, mais en gardant intacte la formation réticulée mésencéphalique. Cela signifie que les nerfs sensoriels envoient des collatérales à la formation réticulée, qui peut provoquer alors un éveil généralisé, alors que l'excitation des voies sensorielles spécifiques ne produit des potentiels évoqués que dans la région corticale où elles aboutissent; effectivement, Mancina et collab. (156) et Bach y Rita (4) observent une augmentation de l'activité réticulaire lors de stimulations extéro- ou proprioceptives. Contrairement à ce qu'on a cru, le système réticulaire activateur ne constitue pas un ensemble structural entièrement diffus: avec des microélectrodes Palestini et collab. (186) ont montré au niveau de la formation réticulée du pons que 7 à 31 % des cellules explorées ne sont activées que par les stimulations d'une seule modalité sensorielle, environ 50 % ne sont pas influencées du tout et 24-49 % répondent à des stimulations de plusieurs modalités. Ceci s'oppose aux résultats antérieurs obtenus avec des macroélectrodes qui enregistraient simultanément l'activité de plusieurs cellules réticulaires. Il est intéressant de noter ici que Bremer (cité par O'Leary et Coben, 178) a émis l'hypothèse qu'il n'est pas nécessaire d'invoquer une structure dont la stimulation provoque le sommeil, la seule absence de stimulations activant le cortex par l'intermédiaire du système réticulaire activateur étant suffisante pour abaisser la vigilance et produire le sommeil. Finalement, Il reste à mentionner la distinction, par Sharpless et Jasper (in Magoun, 153) entre une partie céphalique phasique du système réticulaire activateur, qui permettrait la sélection des stimulations afférentes importantes pour l'individu, alors que les autres afférences seraient inhibées, et une partie caudale tonique, qui déterminerait grossièrement le niveau d'activation global du système nerveux central. Plus récemment, Moruzzi (170) a émis l'hypothèse qu'il devait exister également un système réticulaire caudal dont l'excitation produirait une synchronisation du tracé EEG, c'est à dire une baisse de l'activité corticale allant jusqu'au sommeil; cette structure serait activée sélectivement par des stimulations sensorielles uniformes. L'enregistrement par Jouvett et collab. (128) d'un niveau d'activité élevé dans la formation réticulée pontique pendant l'endormissement et le sommeil profond semble renforcer l'hypothèse de Moruzzi.

2.4.3. *Influences subies par le système réticulaire activateur ascendant*

Cependant, le système réticulaire activateur ascendant est soumis lui-même à une série d'influences — autres que celles des stimuli extéro- et proprioceptifs — constituant ainsi un ensemble fonctionnel complexe: a) le cortex agit de manière activatrice et inhibitrice sur le système réticulaire activateur, comme l'ont montré, entre autres, les travaux de French et collab. (79), Hernández-Peón et Hagbarth (106), Hugelin et Bonvallet (115), Lindsley (145) et Livingston (146). Sur le plan sensoriperceptif qui nous intéresse ici, l'influence corticale sur le système réticulaire cortical activateur est double: d'une part, les influx en provenance du cortex ont un effet réticulaire activateur général, si bien qu'en retour le cortex se trouve réactivé; ainsi une boucle se forme, pouvant expliquer qu'une activité mentale peut à elle seule maintenir un individu éveillé; d'autre part, les influx en provenance du cortex ont également une influence réticulaire inhibitrice d'afférences non-utiles, permettant un filtrage et la spécificité de l'attention; on est ainsi en présence d'un circuit intracérébral de rétro-action («feedback»), freinant l'effet activateur réticulaire. b) Snider et collab. (213) et Snider et Magoun (214) ont montré que la stimulation du lobe antérieur et des lobules paramédians du cervelet peut avoir une influence réticulaire facilitatrice ou inhibitrice, surtout motrice il est vrai, mais également sensorielle (tactile notamment). c) Notons encore l'effet facilitateur probable du subthalamus sur la formation réticulée mésencéphalique, Adey et Lindsley (3) ayant observé que des lésions effectuées dans le subthalamus produisaient une baisse de l'activité spontanée et de la réactivité — à des stimuli sensoriels — de la réticulée mésencéphalique. d) Finalement, il est acquis que la température et la composition chimique du sang peuvent modifier — indirectement ou directement — l'activité réticulaire spontanée (Bonvallet, 35, et Oswald, 179).

2.4.4. *Relations entre système réticulaire activateur et fonctions autonomes*

Les importants travaux de Hess (in 111 notamment) ont montré l'importance de l'hypothalamus et de régions voisines dans la régulation des fonctions autonomes, ainsi qu'un certain degré de correspondance entre celles de ces structures produisant un effet trophotrope et les structures somnogènes. D'autre part, sur le plan anatomique, il existe des liaisons de l'hypothalamus avec le cortex antérieur et également avec la formation

réticulée mésentéphalique (voir Benninghoff et Goerttler, 31, French et collab., 79, et Olds, 177). En outre, sur le plan fonctionnel on a trouvé des relations entre l'hypothalamus et le cortex cérébral, comme le montre Jung (129) par exemple, en étudiant le parallélisme temporel des réactions EEG et autonomes à des stimuli violents (cris, coups de feu, piqûres, froid), appliqués pendant le sommeil ou la veille des sujets.

2.4.5. *Le système thalamique freinateur ascendant* (Dell, 65, Jasper, 119, et 120)

La stimulation répétitive à *cadence lente* des structures thalamiques impliquées dans ce système produit au niveau cortical une «réponse de recrutement», caractérisée à l'EEG par des ondes lentes et amples semblables ou identiques à celles que l'on observe lors de l'endormissement ou du sommeil léger.

La différence essentielle de ce système thalamique freinateur par rapport au système réticulaire activateur consiste dans le fait qu'à une fréquence de stimulation lente le premier produit un effet *freinateur* sur le cortex.

Mais le système thalamique freinateur présente d'autres particularités par lesquelles il se distingue du système activateur: d'une part, stimulé à cadence élevée il produit non plus une réponse corticale de recrutement, mais un éveil cortical, il inverse donc ses effets sur le cortex. D'autre part, il n'agit pas «en masse» sur le cortex, mais de manière localisée, la stimulation d'un noyau thalamique de ce système ne produit un recrutement que sur certaines aires corticales et non sur les autres; de plus on constate que c'est particulièrement le cortex associatif qui donne une réponse de recrutement lors de la stimulation d'un des noyaux thalamiques non-spécifiques constituant le système thalamique freinateur. Finalement, l'effet recrutant du système thalmique est aisément inhibé, soit par une stimulation du système réticulaire activateur, soit par des stimulations sensorielles (auquel cas c'est le recrutement dans les aires corticales sensorielles qui disparaît). Nous n'avons pas trouvé de données concernant les relations entre système thalamique freinateur et structures sous-corticales réglant l'activité autonome de l'organisme, quoique leur existence soit probable.

Grandjean (90, 93) considère le système thalamique freinateur comme la structure nerveuse responsable de la fatigue centrale et des sensations qu'elle provoque. Il est évident qu'un mécanisme central de la fatigue doit exister, lorsqu'on observe combien les phénomènes de fatigue sont étendus

et peu spécifiques. Comme en outre les effets de la fatigue vont dans le sens d'une baisse d'activité des fonctions physiologiques aussi bien que psychologiques, il est clair que dans l'état actuel des connaissances la fatigue peut être mise en rapport avec le système thalamique freinateur.

2.4.6. *Rapport entre systèmes réticulaire activateur et thalamique freinateur*

Il est intéressant de noter que ces deux systèmes sous-corticaux diffus présentent, par rapport au fonctionnement cortical, un parallélisme frappant avec les structures sous-corticales étudiées par Hess, par rapport aux fonctions autonomes. Selon la dominance du système réticulaire activateur ou du système thalamique freinateur on peut observer à l'EEG un tracé de veille ou de somnolence (ou sommeil). Ainsi, chez l'individu éveillé et surtout attentif, le système réticulaire activateur domine et inhibe le système thalamique freinateur, alors que chez l'individu somnolent et endormi c'est le système thalamique freinateur qui domine, en partie sans doute dans la mesure où le système réticulaire activateur, lui, n'est plus stimulé et n'inhibe donc pas son antagoniste thalamique.

On voit donc que tant sur le plan des fonctions autonomes que sur le plan de la vie de relation il faut examiner les données psychophysiologiques sous l'angle d'un équilibre entre tendances antagonistes, cet équilibre pouvant être déplacé dans un sens ou dans l'autre, selon les excitations extérieures ou intérieures parvenant aux structures sous-corticales.

2.4.7. *Mécanisme de l'habituation*

Grandjean (91, 94) attire l'attention sur ce phénomène important qu'un bruit répété fréquemment perd son effet réveillant, n'attire plus l'attention de l'individu, qui s'est *habitué* à ce bruit. Un état de fait semblable doit se produire dans les travaux répétitifs uniformes étudiés dans les recherches sur la monotonie. L'habituation posait un problème neurophysiologique spécial, car un stimulus sensoriel répété de nombreuses fois continue d'évoquer des potentiels d'action dans les aires corticales de projection correspondantes. Moruzzi et Magoun (171) avaient formulé à titre d'hypothèse que l'habituation devait se produire à un niveau sous-cortical, dans le système réticulaire activateur probablement. Sharpless et

Jasper (in Jasper, 119) observèrent qu'un stimulus auditif (son pur de 500 Hz) cause un éveil cortical généralisé (par l'intermédiaire du système réticulaire activateur) lors de ses premières applications, mais ne modifie plus du tout le tracé EEG après plus de 30 présentations; par contre une son pur de 100 ou 1000 Hz provoque encore l'éveil cortical. Les auteurs conclurent à un mécanisme d'habituation agissant spécifiquement et exactement pour le stimulus répété et non pour des stimuli semblables. Par contre, Caspers et collab. (55) observent une généralisation de l'habituation qui, dans le cas des stimuli auditifs, s'étend à des fréquences sonores de plus en plus diverses. Jouvett et Michel (127) ont démontré que l'habituation dépend du cortex, car chez des chats totalement décortiqués l'habituation à des stimuli auditifs ne se produit plus, alors qu'il suffit de laisser une petite quantité de cortex pour qu'elle apparaisse; d'autre part ces auteurs indiquent que l'habituation n'est seulement d'origine réticulaire mésencéphalique non plus, puisqu'elle n'apparaît pas chez l'animal mésencéphalique chronique dont la formation réticulée mésencéphalique est laissée intacte. Hernández-Peón et Hagbarth (106) considèrent l'habituation comme dépendant a) d'une inhibition réticulaire par d'autres structures corticales, réticulaires-caudales par exemple) et b) d'un état réfractaire des cellules réticulaires elles-mêmes à la suite de leur activité prolongée. On doit admettre en outre qu'une mise en action du système thalamique freinateur peut également jouer un rôle dans l'habituation.

2.4.8. *L'hypothèse de l'U renversé*

Duffy (67) a émis l'hypothèse que l'émotion n'est pas une fonction psychologique spécifique, mais qu'elle était plutôt le résultat seulement d'une stimulation psychophysiologique excessive, à laquelle l'individu ne pourrait plus réagir correctement. En effet, dans des tâches très différentes on observe qu'une stimulation de plus en plus forte produit d'abord une amélioration de performance, mais ensuite une baisse de nouveau, pouvant aboutir au blocage complet du comportement adapté, accompagnée de réactions émotionnelles inadaptées à la situation. L'hypothèse de Duffy est maintenant connue sous le nom de l'«hypothèse de l'U renversé». On obtient cet U renversé en reportant en abscisse le degré d'arousal ou niveau de veille, et en ordonnée la performance: celle-ci augmente donc avec le degré de veille jusqu'à un optimum, au-delà duquel on obtient un degré excessif de veille (hyperarousal), et la performance baisse de nouveau.

La branche ascendante de l'U renversé s'explique aisément par un degré croissant d'activité corticale qui permet également une meilleure performance. Par contre en ce qui concerne la branche descendante de l'U renversé, le problème reste entier. Lindsley (145) pense à propos de la surcharge sensorielle (sensory overload) qu'une stimulation externe excessive produit un «barrage provenant des sources afférentes et corticifuges, pouvant provoquer le blocage de la formation réticulée, l'immobilisation du comportement et une confusion générale». Dans ce cas on ne pourrait plus parler d'une augmentation d'arousal produisant une baisse de performance, mais plutôt d'une augmentation de stimulation telle, qu'elle empêche l'arousal. De toutes façons la branche descendante de l'U renversé doit résulter du jeu des structures sous-cortico-corticales (réticulaire et thalamique), en regard notamment de la généralisation et de l'entendue des réactions accompagnant une stimulation excessive.

2.4.9. *La monotonie, la vigilance et la privation sensorielle sous l'angle de la neurophysiologie*

2.4.9.1. *Monotonie et vigilance*: Ces deux types de situation expérimentale ont en commun deux éléments qui les rendent semblables l'une à l'autre. Dans les deux en effet on rencontre des stimuli non-utiles, constants et plus ou moins fréquents. Dans les études de monotonie on les veut tels, alors que dans les recherches sur la vigilance on les élimine le plus possible, mais ils sont inévitables même s'ils paraissent faibles à l'expérimentateur. En outre, aussi bien dans les domaines de la monotonie que de la vigilance, les situations comportent certainement des signaux particuliers, involontaires dans la monotonie et voulus dans la vigilance. Autrement dit, les situations de monotonie et de vigilance ne se distinguent l'une de l'autre que par ceux des stimuli qui sont considérés par les chercheurs; ceux-ci alors font dominer — par la consigne initiale donnée aux sujets ou par l'intensité respective des signaux — soit les stimuli apparaissant régulièrement, fréquemment et de manière identique (monotonie), soit au contraire ceux qui apparaissent irrégulièrement et rarement (vigilance).

On peut donc admettre que dans les deux situations types examinées ici les systèmes réticulaire activateur et thalamique freinateur — et également le possible système réticulaire caudal sensible aux stimuli répétitifs de Moruzzi — doivent jouer un rôle déterminant, notamment par l'intermédiaire des mécanismes de l'habituation et en tenant compte de l'hypothèse de l'U renversé.

2.4.9.2. *Privation sensorielle*: Les données expérimentales de la privation sensorielle sont plus difficiles à considérer, vu les comportements anormaux observés chez les sujets (les hallucinations par exemple) et les résultats de mesures physiologiques paraissant contradictoires. L'élément essentiel ici est l'aspect anti-naturel de la situation, les sujets ne pouvant plus retirer la moindre stimulation de leur entourage. Dès lors il semble que les résultats physiologiques et comportementaux observables de l'extérieur doivent être considérés sous l'angle des interrelations entre structures sous-corticales activatrices et freinatrices, cortex et fonctions autonomes. L'hypothèse serait que le cortex, outre son rôle habituel, doive reprendre celui des stimulations extérieures manquantes, ou alors que ne pouvant y parvenir, l'effet des stimulations extérieures soit simplement éliminé. Alors que dans la vie normale la vie de l'individu serait régie par 4 pôles (stimulations extérieures — structures sous-corticales activatrices et freinatrices — cortex — fonctions autonomes) elle ne dépendrait plus, soudainement, que de trois pôles, le rôle du quatrième étant soit éliminé, soit repris par l'un des trois autres. Qu'il faille plus de quatre jours (durée des expériences les plus longues) pour parvenir à l'équilibre d'un système pareillement modifié est aisément compréhensible.

2.5. CONCLUSIONS ET HYPOTHÈSES

Dans les travaux que nous avons passés en revue jusqu'ici nous avons rencontré soit, dans la monotonie et la vigilance, des situations expérimentales simples, nettement peu activantes pour les sujets, et finalement peu spécifiées quant à l'ensemble des stimulations apportées aux sujets; soit, dans la privation sensorielle, une situation de stress, anormale et irréaliste pour la vie pratique, qui modifie considérablement l'ensemble des éléments en présence dans cette dernière, puisque toute stimulation extérieure est éliminée. Etant donné le caractère exceptionnel du stress nous avons cherché à éviter une telle situation. Dans notre travail nous avons donc choisi deux situations plus aisément définissables pour l'expérimentateur (c'est à dire vues de l'extérieur) quant aux stimulations apportées aux sujets, peu différentes de la vie normale et en outre bien différentes l'une de l'autre, afin de pouvoir effectuer une comparaison entre les résultats respectifs. De plus, nous avons introduit une variable expéri-

mentale modifiant spécifiquement l'activité des fonctions autonomes. Nous avons choisi des mesures faisant intervenir aussi bien les fonctions psychologiques (questionnaire et performance) que psychophysiologiques, ces dernières pouvant dépendre surtout soit du cortex (fréquences de fusion visuelles, temps de réaction simples visuels, motilité spontanée) soit des fonctions autonomes (fréquences cardiaque et respiratoire, résistance électrique et température cutanées).

Nos hypothèses étaient les suivantes:

1. *Inactivité*: Dans une situation où les sujets, tout en recevant des stimulations extérieures d'intensité normale, ne doivent répondre à aucun signal par une réaction psychomotrice, on doit enregistrer une *modification de l'équilibre entre systèmes sous-corticaux non-spécifiques activateurs et freinateurs vers la dominance de ces derniers*. Il en résultera a) des sentiments de somnolence, de fatigue, b) une baisse d'activité corticale se manifestant par un abaissement des fréquences de fusion visuelles, un allongement des temps de réaction et une diminution de la motilité spontanée, et c) un ralentissement des fonctions autonomes, donc une baisse des fréquences cardiaque et respiratoire, de la température cutanée, et par une élévation de la résistance électrique cutanée.

2. *Traduction*: En donnant aux sujets une tâche complexe à effectuer, comme la traduction d'un texte d'une langue dans une autre, impliquant des activités aussi bien sensorielle que mentale et psychomotrice, on provoquera une *modification de l'équilibre entre systèmes sous-corticaux non-spécifiques activateurs et freinateurs vers la dominance des premiers*. Il en résultera a) des sentiments de veille et de possibilité d'agir, b) une augmentation d'activité corticale se manifestant par une élévation des fréquences de fusion visuelles, un raccourcissement des temps de réaction et une augmentation de la motilité spontanée, c) une accélération des fonctions autonomes, se manifestant par une élévation des fréquences cardiaque et respiratoire, de la température cutanée, et par une baisse de la résistance électrique cutanée, et d) une constance ou même un accroissement de la performance. (Remarquons que lors d'une activité complexe comme l'est une traduction la *durée de l'expérience* pourra jouer un rôle en modifiant de nouveau l'équilibre entre les systèmes sous-corticaux diffus dans le sens d'une dominance freinatrice [baisse de motivation, fatigue due à un effort mental prolongé, etc..])

3. *Repas*: L'ingestion d'un repas avant les séances expérimentales exige une activité digestive déplaçant l'équilibre du système nerveux autonome vers une trophotropie d'autant plus marquée que le repas est lourd et abondant. Cette trophotropie se manifeste directement par une baisse des fréquences cardiaque et respiratoire, de la température cutanée, et par un

élévation de la résistance électrique cutanée. La trophotropie aura en outre pour effet un *déplacement de l'équilibre entre systèmes sous-corticaux diffus activateurs et freinateurs dans le sens de la dominance de ces derniers*. Les conséquences en seront les mêmes que sous 1) pour les sentiments des sujets et pour les fonctions psychophysiologiques dépendant surtout du cortex, avec en plus une baisse de la performance. Ces effets freinateurs du repas seront d'autant plus marqués que celui-ci produira une activité digestive plus intense et prolongée.

3. Partie expérimentale

Dans notre expérience nous nous sommes décidés en faveur d'une série de mesures, sans trop préjuger des résultats que nous espérons obtenir. Il nous importait plutôt d'obtenir un spectre étendu des manifestations typiques de l'activité nerveuse centrale. Trois niveaux devaient être étudiés:

a) L'activité du *système nerveux autonome*, qui se manifeste de manière dominante dans des mesures telles que les fréquences cardiaque et respiratoire, la température et la résistance électrique cutanées.

b) L'activité du *système nerveux de relation*, que l'on sait pouvoir étudier par des mesures telles que les fréquences de fusion visuelles, les temps de réaction simples et également par la motilité spontanée (actographie). Il s'agit ici de mesures objectives, peu influençables par la conscience et la volonté des sujets.

c) Nous avons utilisé un questionnaire pour l'étude des sentiments éprouvés par les sujets. Cette mesure dépend fortement de la conscience des sujets et de leur activité mentale et nous avons considéré que par son intermédiaire nous saisissons leur activité *psychique*.

Selon nos hypothèses, nous nous attendions aux modifications suivantes de nos mesures en fonction des variables expérimentales:

1. *Inactivité*: baisse des fréquences cardiaque et respiratoire, de la température cutanée, des fréquences de fusion, de la motilité spontanée; élévation de la résistance électrique cutanée, allongement des temps de réaction et augmentation des sentiments de somnolence, de fatigue, de monotonie.

2. *Traduction*: élévation ou constance des fréquences cardiaque et respiratoire, de la température cutanée, des fréquences de fusion et de la motilité spontanée; baisse de la résistance électrique cutanée, raccourcissement des temps de réaction et diminution des sentiments de somnolence, de fatigue et de monotonie.

3. *Repas*: nous nous attendions à des variations semblables à celles prévues pour l'inactivité, prévoyant en outre qu'elles seraient plus marquées après un gros qu'après un petit repas.

3.1. TECHNIQUES DE MESURE

3.1.1. *Fréquences de fusion visuelles*

La fréquence de fusion visuelle peut être définie comme la fréquence à laquelle un stimulus lumineux intermittent est interprété subjectivement comme étant continu [59].

Nous avons utilisé un stroboscope électronique du type Strobotac 631-BS8 de la General Radio Company, produisant des éclairs oranges d'une durée approximative de 10^{-4} secondes indépendamment de la fréquence de scintillement. Le sujet apercevait la plage lumineuse de stimulation, une ouverture circulaire de 1 cm de diamètre, à travers un tube obscur de 60 cm de long. L'angle visuel était donc de $0^{\circ} 58'$. Afin d'éviter toute pénétration de lumière extérieure l'extrémité du tube était équipé d'un appui-tête de caoutchouc contre lequel le sujet appuyait fermement la tête pendant les mesures.

Les mesures étaient effectuées de la manière suivante: Le sujet appuyait la tête contre l'appui-tête et fixait binoculairement la plage lumineuse. Lorsqu'il disait être «prêt» nous augmentions la fréquence de scintillement au moyen d'un moteur synchrone à raison de 1 Hz par seconde, de la fréquence initiale de 33 Hz jusqu'à ce que le sujet dise ne plus percevoir le papillotement de la plage lumineuse. Nous ramenions alors rapidement la fréquence de scintillement à 33 Hz pour une deuxième mesure tout en notant le résultat précédent. Cinq déterminations de la fréquence de fusion étaient ainsi faites sans interruption dans l'espace de 45 secondes en moyenne, avant et après chaque séance expérimentale.

La même méthode de mesure avait été utilisée par Grandjean et Bättig [95]. Deux modifications y furent cependant apportées: D'abord l'accélération de la fréquence de scintillement fut ramenée de 3 à 1 Hz/sec, abaissant fortement la variabilité des mesures. Ensuite la fréquence initiale fut élevée de 25 à 33 Hz afin de diminuer le plus possible la durée d'exposition des yeux à la lumière intermittente et d'éviter de ce fait une fatigue visuelle due à la méthode elle-même [97].

3.1.2. *Temps de réaction simples visuels*

Il s'agit de l'intervalle de temps qui sépare une stimulation convenue — ici visuelle — d'une réaction volontaire — ici motrice — à cette stimulation [191].

Notre appareillage consistait en un montage en série d'un interrupteur, d'une lampe électrique, d'une clé de Morse et d'un chronoscope électronique du type Chronotron 25 E de l'Electronic Instruments Limited. Placée à 2 m du sujet, la lampe était composée d'une petite ampoule de 8 Volts (courant alternatif), alimentée par 10 Volts afin d'assurer un allumage rapide, devant laquelle nous avons placé un écran translucide de 2.5 cm de diamètre pour éviter d'éblouir le sujet.

Pour les mesures nous procédions de la manière suivante: Le sujet appuyait avec l'index sur la clé de Morse, fermant ainsi partiellement le circuit de l'appareillage. Sa tâche était de retirer son doigt aussi rapidement que possible dès que la lampe s'allumerait. De notre côté nous fermions totalement le circuit en manipulant l'interrupteur, ce qui avait pour effet d'allumer la lampe-signal et d'enclencher le chronoscope. Lorsque le sujet lâchait la clé de Morse le chronoscope était arrêté et nous notions le temps de réaction en centièmes de seconde. Avant et après chaque séance expérimentale nous faisons cinq déterminations de temps de réaction, avec des intervalles entre stimuli de 10, 20, 20, 30, et 40 secondes distribués au hasard.

Afin d'éviter que le sujet ne soit averti par le bruit de l'interrupteur de l'imminence d'un stimulus, nous avons placé l'interrupteur et le chronoscope (et donc l'expérimentateur) dans un local voisin de celui de l'expérience.

3.1.3. Actographie

Nous avons utilisé l'actographie pour l'enregistrement de la *motilité spontanée* de nos sujets.

Le dispositif, conçu et réalisé par notre technicien, était des plus simples et fort ingénieux. Il consistait en quatre petites bouillottes plates, placées sous les quatre coins d'une planche sur laquelle reposait la chaise du sujet, et reliées entre elles par un système de capillaires et de tuyaux en matière plastique. L'ensemble était connecté à un manomètre différentiel à miroir construit dans les ateliers du professeur Fleisch à Lausanne. Une ouverture de diamètre variable pratiquée dans l'un des tuyaux de connexion permettait de régler la sensibilité du dispositif.

Lorsque le sujet faisait un mouvement, l'énergie en était transmise au siège et donc aux bouillottes, où elle créait une inégalité des pressions de l'air contenu dans les différents éléments du système. Cette différence des pressions était transmise au manomètre différentiel, causant une déviation du miroir. Si aucun nouveau mouvement ne venait augmenter l'inégalité

des pressions en présence, le système capillaire permettait un retour à l'équilibre, et donc un retour du miroir à sa position zéro.

Pour notre expérience ce dispositif présentait des avantages: Sa simplicité et son faible encombrement. Sa sensibilité était comparable à celle de plateformes à quartz piézo-électriques (nous pouvions aisément détecter les battements cardiaques), mais il présentait en outre l'avantage d'être élastique et donc probablement moins influencé par les ébranlements inévitables du sol (parasites dus au passage de camions, aux portes claquées, etc.). Sans doute ne permettait-il qu'un enregistrement global de la motilité spontanée de nos sujets; mais d'une part notre expérience n'exigeait pas une analyse plus fine des mouvements, et d'autre part une détection des mouvements selon les trois dimensions de l'espace aurait été parfaitement réalisable. Le seul inconvénient était la non-linéarité de notre système pour les mouvements très violents.

Précisons finalement que notre actographe ne permettait l'enregistrement que de l'énergie contenue dans un mouvement, à cause du manomètre différentiel utilisé comme capteur. Nous ne pouvions donc pas distinguer entre amplitude, vitesse, durée et masse impliquées dans un mouvement.

3.1.4. *Fréquence cardiaque*

L'appareil utilisé pour l'enregistrement de la fréquence cardiaque a été construit dans les ateliers Halstrupp et consiste en principe en un électrocardiographe à une dérivation. L'onde R du cycle cardiaque y est filtrée et permet d'obtenir par décharge d'un condensateur un courant de sortie proportionnel à la fréquence cardiaque momentanée. Un petit oscilloscope à rayon cathodique permet d'observer la qualité du tracé électrocardiographique obtenu. Nous avons transformé cet appareil de manière à pouvoir dériver le courant de sortie sur un galvanomètre Pyror à miroir, d'une résistance interne de 29 200 ohms.

Nous avons dû utiliser des électrodes particulières, car elles devaient rester fixées pendant deux heures et demie environ et ne pas gêner les mouvements. Nous avons donc pris des cupules en plastic de 1.7 cm de diamètre, dans le fond desquelles nous avons collé une plaquette d'acier inoxydable soudée au fil reliant à l'appareil de mesure. Ces cupules étaient remplies de pâte à électrodes puis collées sur la peau des sujets avec du collodion, donnant un excellent contact pour des durées allant jusqu'à huit heures. En ce qui concerne la *localisation* des électrodes, nous n'avons

pu les fixer aux poignets et à la cheville gauche comme cela se fait pour les dérivations électrocardiographiques standard: elles se seraient vite décollées sous l'effet des mouvements des membres et les fils auraient risqué d'être souvent arrachés ou emmêlés par certains sujets nerveux. Nous avons donc retenu les localisations suivantes: première électrode active, à peu près dans le 5^e espace intercostal gauche, sur une ligne verticale descendant du milieu de la clavicule; deuxième électrode active, à peu près à hauteur de la 5^e vertèbre dorsale et à 4 ou 5 cm à droite de celle-ci; électrode neutre, à l'intersection de l'horizontale partant de la 12^e vertèbre dorsale et de la ligne axillaire moyenne droite. Le tracé ainsi obtenu correspondait bien avec celui de la 2^e dérivation standard de l'électrocardiogramme habituel (142).

Malheureusement nous avons rencontré deux obstacles en cours d'expérimentation et n'avons pas pu les surmonter. D'abord, et c'est là l'ennui principal, il s'est trouvé que l'électromyogramme produit par certains mouvements des sujets prenait une importance suffisante pour atteindre un multiple de l'onde R cardiaque et doubler ou tripler le courant de sortie qui ne donnait plus alors la moindre idée de la fréquence cardiaque véritable, notre appareillage n'étant prévu que pour des fréquences cardiaques de 0 à 130/min. Mikiska (162) donne le schéma d'une filtre passe-bande qui permettrait d'éliminer l'électromyogramme, mais il ne nous a pas été possible de l'adapter sur notre appareil. C'est l'un de nos six sujets qui nous causa notre second ennui: comme il était très gras et sa peau flasque, il nous fut impossible, malgré de nombreux essais, de trouver une localisation des électrodes donnant une onde R suffisamment dominante. Nous avons donc été contraints de renoncer à l'enregistrement de la fréquence cardiaque chez ce sujet.

3.1.5. *Température cutanée*

Nous avons mesuré la température cutanée *frontale* de nos sujets, au moyen d'un thermistor. Il s'agit là d'une petite boule de substance semi-conductrice protégée des chocs par un tube de verre et dont la résistance à un courant électrique varie presque linéairement avec l'inverse de la température à laquelle on la soumet. La détermination de la température revient à une mesure de résistance par un pont de Wheatstone dont l'une des branches est constituée par le thermistor et une autre par une résistance variable qui, réglée à une valeur égale à la résistance du thermistor, établit l'équilibre des tensions électriques en deux points opposés du système. S'il

se produit une légère variation de température la résistance du thermistor est modifiée, le pont de Wheatstone est déséquilibré et on peut enregistrer entre les deux points opposés du pont une différence de tensions proportionnelle à la différence de température. Nous avons dérivé les différences de tensions sur un voltmètre Pyror à miroir (résistance interne 1500 ohms). Le choix des éléments constituant le dispositif permettait la mesure de températures allant de 20 à 44° C au dixième de degré près. Une pile de 1.5 V assurait l'alimentation du circuit. En outre nous avons introduit une résistance de 10 ohms qui pouvait être mise en série avec le thermistor et créer une différence de tension étalon correspondant à 0.3° C.

Le thermistor était maintenu sur le front du sujet par un bandeau de plexiglass. Un ressort l'appuyait contre la peau du front et maintenait une pression constante. Deux fils minces et souples reliaient le thermistor au pont de Wheatstone. Nous avons dû interdire aux sujets de toucher le bandeau ou le thermistor, car une modification ou même une perte du contact avec la peau provoquaient une différence de tensions énorme et néfaste pour le voltmètre.

3.1.6. *Résistance électrique cutanée (Electrodermographie)*

Nous avons peine à imaginer une méthode de mesure psychophysiological qui ait été aussi prônée et décriée que la résistance électrique cutanée (ou son inverse, la conductance électrique cutanée) et l'une de ses variations spéciales, la réponse électrique cutanée, affublée du nom de «réflexe psychogalvanique» [138] à une époque où pourtant on ignorait tout des mécanismes nerveux impliqués [229, 230, 239]. Aussi n'avons-nous pas l'intention d'ajouter ici à des vues déjà nombreuses, nous contentant de décrire la méthode utilisée par nous et nous efforçant de rester conscients de la relativité de nos résultats et de leur validité restreinte.

Nous avons opté pour la méthode exosomatique de Féré, plus simple et moins soumise aux artéfacts que la méthode endosomatique de Tarchanoff. En principe, la méthode exosomatique consiste à faire passer un courant électrique (continu ou alternatif) entre deux électrodes appliquées sur la peau d'un sujet et de déterminer la résistance cutanée entre ces deux électrodes au moyen d'un simple pont de Wheatstone. Pratiquement cependant, deux facteurs ont obligé les chercheurs à perfectionner leurs appareils. D'une part les valeurs de résistance cutanée varient énormément (différences inter- et intraindividuelles allant de presque zéro à plusieurs dizaines de mégohms [199, 220]). D'autre part, les variations des résistances en présence dans un pont de Wheatstone créent des variations de

courant (utilisées précisément pour déterminer les variations de résistance) qui en elles-mêmes ont un effet artificiel sur la résistance propre à la peau (70, 81, 173), notamment en modifiant la polarisation des électrodes due au passage du courant électrique dans un milieu riche en électrolytes.

Le «psychogalvanoscope» SA-70 de la Stoelting Company présente l'avantage de maintenir par feed-back un courant constant d'environ 20 microampères entre les électrodes appliquées au sujet; ceci augmente la précision — et même la valeur de la mesure — et permet en outre d'utiliser un courant continu tout en renonçant aux électrodes non-polarisables en chlorure d'argent ou en sulfate de zinc. L'appareil mesure avec précision (la sensibilité est réglable) et linéarité des résistances cutanées allant de 5 à 245 kilohms et ces limites nous ont suffi dans notre expérience. Le courant de sortie, proportionnel à la résistance cutanée momentanée, fut appliqué aux bornes d'un galvanomètre Pyror à miroir de 10 000 ohms de résistance interne. L'étalonnage était effectué en court-circuitant une résistance de 4 kilohms provoquant une déviation correspondante du miroir. Comme nous ne désirions connaître que les variations lentes de la résistance électrique cutanée nous nous sommes contentés d'une faible sensibilité (8 % seulement de la sensibilité maximum).

Les électrodes utilisées étaient en treillis d'acier inoxydable souple. Désirant recueillir des indications globales de l'activité des glandes sudoripares responsables des variations de la résistance électrique cutanée, nous avons choisi une surface d'électrodes importante, à savoir, 4 cm² tant pour l'électrode active que pour l'inactive.

La *localisation des électrodes* nous a posé un problème. En effet, en plus du fait connu que la résistance cutanée est différente d'une partie du corps à l'autre (197, 199, 200) et ce, en partie du moins, parce que la composition chimique de la transpiration varie également (60), les *variations* de résistance cutanée sont différentes, pour une même stimulation, d'une partie du corps à l'autre (236). Il fallait aussi que les électrodes puissent être supportées facilement pendant plus de deux heures sans limiter les mouvements des sujets.

La localisation la plus fréquente des électrodes est la paume de la main, endroit particulièrement riche en glandes sudoripares eccrines (33, 101). Cependant la paume de la main ne pouvait être utilisée dans notre cas, car nous voulions laisser gesticuler le sujet s'il en éprouvait l'envie. Restaient alors deux endroits à forte densité de glandes sudoripares eccrines pour l'électrode active: le front et la plante des pieds (31). Pour nous décider en faveur de l'une ou l'autre de ces localisations nous avons monté une expérience préliminaire dont nous reproduisons les résultats en annexe.

A la suite de notre expérience préliminaire nous nous sommes décidés pour la localisation au front et à l'oreille des électrode active et indifférente. De plus, nous avons augmenté la surface de chacune des électrodes jusqu'à 6 cm². La frontale fut découpée en 4 parties de 1.0 x 1.5 cm, reliées entre elles par des fils souples et fixées au bandeau frontal en plexiglass déjà porteur du thermistor, de part et d'autre de celui-ci et en intercalant chaque fois un coussinet de caoutchouc mousse entre le bandeau et l'électrode partielle. L'ensemble formait une électrode souple et articulée, évitant des modifications de contact avec la peau lors de froncements de sourcils par exemple. L'électrode auriculaire fut pliée en deux et maintenue au lobe de l'oreille par un morceau de sparadrap et par une pince «crocodile». Malheureusement une forte pression était nécessaire pour l'empêcher de glisser, ce qui a provoqué plusieurs fois des irritations purulentes du lobe de l'oreille quelques jours après une séance expérimentale.

3.1.7. *Fréquence respiratoire*

Autant les problèmes posée par la résistance électrique cutanée sont complexes, autant la détermination de la fréquence respiratoire, indépendamment de la profondeur de la respiration, est simple.

Nous avons utilisé un pneumographe élémentaire: un cylindre métallique de 5 cm de diamètre et 10 cm de long était relié à un manomètre à miroir. A chaque bout du cylindre, une membrane de caoutchouc souple à laquelle était attaché une chaînette que nous passions autour du thorax du sujet en la tendant de manière que les deux membranes fussent légèrement tendues dans la position de repos. Ainsi une inspiration et une expiration provoquaient une dépression et une surpression respectivement, se manifestant toutes deux par des déviations en sens opposé du miroir collé sur la membrane du manomètre. Deux bretelles de longueur réglable empêchaient ce pneumographe de glisser vers le bas en cours d'expérience. Une ouverture de diamètre réglable pratiquée dans le tuyau reliant au manomètre permettait de varier l'amplitude des déviations du miroir.

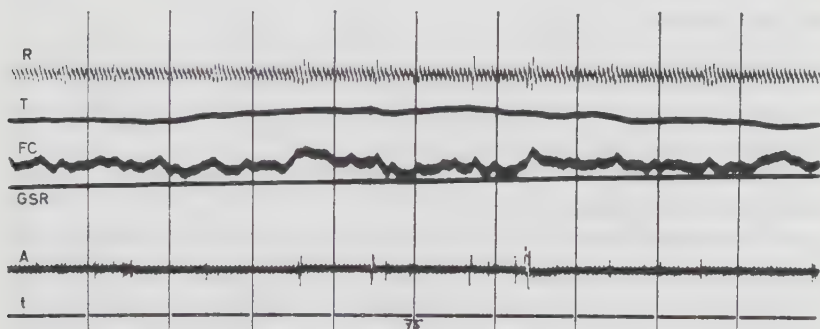
3.1.8. *Enregistrement des mesures et dépouillement*

Les résultats que nous obtenions lors des déterminations des fréquences de fusion et des temps de réaction étaient notés à la main sur les feuilles d'expérience de chaque sujet.

Par contre, l'enregistrement des autres variables que nous avons étudiées mérite une plus grande attention. Ayant dérivé l'actogramme, la fréquence cardiaque, la température et la résistance cutanées et la fréquence respiratoire sur des capteurs à miroir, il fut possible d'utiliser pour l'enregistrement un photokymographe construit par notre technicien, M. Rhiner. Cet appareil était chargé avec des bobines de papier photosensible de 50 m de longueur et de 10 ou 12 cm de largeur. Un moteur électrique le faisait se dérouler à une vitesse lente constante de 2.95 cm/min. Une lentille cylindrique de 13 cm de long, placée derrière un diaphragme linéaire, concentrait sur le papier les rayons lumineux d'une lampe sous-voltée de 5.5 Volts réfléchis par les miroirs des capteurs.

Figure 1

Extrait d'un enregistrement photokymographique. R = respiration, T = température cutanée, FC = fréquence cardiaque, GSR = résistance cutanée, A = actogramme, t = base de temps. Traits verticaux de minute en minute.



La figure 1 montre un bout d'enregistrement ainsi obtenu. Le temps évolue de gauche à droite. Les tracés correspondent, de haut en bas, à la respiration, température cutanée, fréquence cardiaque, résistance cutanée, actogramme et finalement la base de temps (interruptions larges = 1 min., étroites = 30 sec.). Les traits verticaux ont été tracés par nous après le développement du papier exposé pour faciliter le dépouillement de minute en minute.

Les *déviation des tracés* ont la signification suivante:

a) Respiration: déflexion vers le haut, inspiration, vers le bas, expiration. Les petites dents visibles sur les déflexions expiratoires correspondent aux battements cardiaques ayant agi mécaniquement sur le pneumographe.

Les variations passagères d'amplitude proviennent des mouvements du sujet.

b) Température cutanée: déflexion vers le haut, baisse de la température.

c) Fréquence cardiaque: déflexion vers le haut, élévation de la fréquence cardiaque. Les petites pointes correspondent aux battements cardiaques isolés.

d) Résistance cutanée: déflexion vers le haut, baisse de la résistance.

e) Actogramme: haut et bas n'ont pas de signification différentielle. Les toutes petites pointes correspondent aux battements cardiaques, les plus grandes, apparaissant à intervalles assez réguliers, aux mouvements respiratoires. Les déflexions ou groupes de déflexions isolés et de forte amplitude sont dus à des mouvements volontaires et représentent la motilité spontanée véritable dans la mesure où ils dépassent le niveau de fond (voir surtout aux 4, 5, 6 et 7^{èmes} min. des 10 min. représentées ici).

Le réglage des sensibilités et les lignes de base étaient les suivants:

a) Respiration: une amplitude de 0.5 à 1 cm permettait le meilleur comptage des respirations isolées. Ligne de base à 8 ou 10 cm au dessus du bord inférieur du papier.

b) Température cutanée: une déflexion de 1 mm correspondait à 0.013° C. Ligne de base à 6 cm au dessus du bord inférieur du papier.

c) Fréquence cardiaque: 1 mm pour un battement cardiaque par minute. Ligne de base au bord inférieur du papier.

d) Résistance cutanée: 1 mm pour 1 kilohm. Ligne de base à 4 cm au dessus du bord inférieur du papier.

e) Actogramme: Nous nous sommes contentés d'unités arbitraires de mouvement, exprimées en millimètres de hauteur moyenne par minute au dessus du niveau de fond. Ligne de base à 2 cm au dessus du bord inférieur du papier.

Dépouillement des tracés: A l'exception de la fréquence respiratoire obtenue par comptage des respirations isolées de chaque minute, nous avons dépouillé nos tracés par planimètrage. En principe il s'agissait de déterminer la surface inscrite entre les limites de temps, la ligne de base et le tracé, et de diviser cette surface par la longueur de la base pour obtenir la hauteur moyenne du tracé pendant l'intervalle de temps examiné (une minute chaque fois, sauf pour la résistance cutanée que nous avons mesurée de 2 en 2 min., vu la lenteur et la faible amplitude de ses variations). En pratique heureusement le procédé était plus simple. Nous disposions d'un planimètre polaire Amsler 808 transformé en planimètre linéaire par l'adjonction d'un dispositif spécial. Ainsi un réglage convenable du planimètre nous permettait de relever directement sur le

compteur les valeurs moyennes des mesures, en éliminant presque toutes les opérations arithmétiques intermédiaires. Pour l'actogramme cependant nous devons encore soustraire chaque fois la hauteur moyenne du niveau de fond — sans rapport avec la motilité spontanée — des valeurs relevées sur le compteur du planimètre.

Ainsi nous avons effectué en tout 24 960 comptages et mesures sur les bandes d'enregistrement de l'expérience principale.

3.1.9. Questionnaire

Nous présentons en dernier lieu le questionnaire que nous demandions à nos sujets de remplir après chaque séance expérimentale.

Nous nous sommes demandés si dans la présente expérience nous trouverions également un rapport étroit entre les fonctions psychophysiologiques et les jugements subjectifs que nos sujets porteraient sur l'expérience. A cet effet nous avons établi une série de 31 questions, dont 24 étaient décomposées en fonction du temps (c'est à dire que la même question était posée pour le début, le milieu et la fin d'une séance expérimentale). Les sujets avaient donc à porter 79 jugements sous forme de notes allant de 1 à 6 sur l'expérience qu'ils venaient de vivre. Nous avons choisi une échelle de jugement en six points afin d'empêcher les sujets de mettre une note médiane d'indifférence, les demi points étant interdits. En outre, seules les notes 1 et 6 portaient une qualification; par exemple pour la première question, «éclairage», 1 signifiait «insuffisant» et 6 «trop intense», mais la gradation intermédiaire manquait, car nous craignions de provoquer une fréquence dominante d'une certaine note en lui conférant une signification verbale inadéquate mais frappante.

D'après leur contenu les questions pouvaient être groupées de la manière suivante:

- 1) *Entourage sensoriel*
 - a) Jugement général (éclairage, bruit, température, confort corporel)
 - b) Gêne par l'entourage (par la lumière, par le bruit).
- 2) *Gêne provoquée par l'appareillage d'expérience* (électrodes de fréquence cardiaque et de résistance cutanée, pneumographe).
- 3) *Sensations physiologiques* (faim, soif, confort général).
- 4) *Sentiments*
 - a) A l'égard de l'expérience (ennuyeuse, intéressante, douloureuse, agréable, fatigante, reposante; impression d'y perdre son temps).

- b) Perception du temps (durée de l'expérience).
- c) Absence de contacts humains (sentiment de solitude, d'être emprisonné [«eingesperrt» en allemand]).
- d) Besoins, tendances (nervosité en général; tendance à dormir, à la rêverie, à bouger; envie de chanter, parler, agir).

Le dépouillement était simple. Il suffisait de déterminer les fréquences respectives de chaque note pour les différentes questions et de calculer la note moyenne.

3.2. EXPÉRIMENTATION

3.2.1. Sujets

Dans la recherche biologique humaine deux attitudes s'affrontent en ce qui concerne la grandeur des échantillons expérimentaux. Certains préfèrent un grand nombre de sujets examinés chacun une fois, alors que d'autres se contentent de rares sujets, parfois un seul ou deux, qu'ils examinent un grand nombre de fois. La première attitude permet de renseigner sur les réactions humaines «naïves» en général face à une situation donnée. Par contre la seconde permet d'isoler une variable souvent fondamentale, l'apprentissage, l'entraînement ou l'habitation, mais les résultats ainsi obtenus ne peuvent guère être généralisés. Cependant même avec peu de sujets il est souvent précieux d'avoir une courbe des résultats en fonction des répétitions des séances expérimentales; si cette courbe commence par être ascendante (ou descendante) pour atteindre ensuite un plateau, il est possible d'éliminer les premiers résultats, considérés par exemple comme une adaption à la situation expérimentale indépendamment de la variable expérimentale qui intéresse le chercheur. Ainsi chacune des deux attitudes mentionnées présente un avantage: la première donne des résultats plus fondés quant à une réaction de la part de nombreux sujets (généralisation par rapport au facteur humain), la seconde donne des résultats plus sûrs quant aux nombreuses réactions de très peu de sujets (généralisation possible quant au facteur réactionnel). La variable fondamentale qui provoque pour une bonne part les différences des résultats obtenus selon l'une ou l'autre de ces attitudes est, une fois de plus, la *motivation* (voir Rey, 195, 196).

Compte tenu de nos possibilités limitées, nous avons adopté une attitude intermédiaire. Nous avons pris six sujets et chacun a passé deux fois par chacune des combinaisons expérimentales décrites plus loin. Nous savons que le faible nombre de sujets ne permet pas de généralisation (sauf dans les limites de validité des méthodes statistiques) et d'autre part une seule répétition ne permet en aucune manière de tirer de conclusion quant à une habitude éventuelle. Aussi avons-nous simplement négligé cette variable, pensant que les moyennes des valeurs tirées de la première et de la seconde passation d'une même séance donnait une bonne idée globale des données étudiées.

Nous avons donc examiné trois sujets féminins, une laborantine, une danseuse et une maîtresse de maison, et trois sujets masculins, étudiants de l'École polytechnique fédérale, tous âgés de 20 à 29 ans. Tous les six étaient rémunérés pour leur participation à l'expérience: 15 francs pour chaque séance, plus le repas qui précédait immédiatement, plus encore une somme proportionnelle à la performance dans les séances impliquant une activité imposée.

3.2.2. *Variables expérimentales*

Notre but était «l'étude psychophysiologique de la fatigue dans une situation monotone». Il fallait donc pouvoir comparer deux situations, l'une monotone et l'autre non-monotone. La variable expérimentale «activité» fut donc divisée en deux parties; dans la moitié des cas le sujet ne faisait rien qui lui fût imposé, il était dans une situation de monotonie sensorielle, et nous avons appelé cette variante expérimentale «inactivité», pour ne pas préjuger de ses caractéristiques réelles en ce qui concerne la monotonie provoquée chez les sujets. Dans l'autre moitié des cas nous imposions aux sujets une tâche de traduction, variante «traduction». Nous disposions d'un choix de textes, chacun en allemand, anglais et français. Les sujets devaient choisir une langue étrangère et traduire les textes dans leur langue maternelle. Un dictionnaire était mis à leur disposition. En outre nous leur donnions deux centimes par ligne traduite.

Cependant la variable expérimentale «activité» était peu objective. Nous ne pouvions être sûrs notamment que la situation de traduction fût véritablement non-monotone. Nous avons donc introduit une seconde variable expérimentale qui elle était objective, la variable «repas». Dans la moitié des cas de nouveau nous donnions au sujet un produit amaigrissant liquide contenant 225 kcal. pour tout repas, la Minvitine de Wandler, qui n'exige qu'une digestion minime et rapide, plus une tasse de

café noir. Dans l'autre moitié des cas le sujet prenait un gros repas lourd, mangeant le plus possible, ce qui exigeait ensuite une digestion importante et longue. Nous aurions pu évidemment opposer absence de repas à gros repas. La variable expérimentale eut alors été la faim. Mais nous désirions éviter celle-ci qui peut être considérée comme un stress, afin de maintenir des conditions expérimentales normales et possibles dans la vie de tous les jours.

Les deux variables expérimentales, activité et repas, pouvaient être combinées de quatre manières: inactivité + petit repas, traduction + petit repas, inactivité + gros repas et traduction + gros repas. Chacune de ces combinaisons fut appliquée deux fois à chaque sujet—variable expérimentale «répétition»—ce qui donnait au total 48 séances expérimentales.

La succession des séances pour les sujets ne pouvait être fixée selon la méthode du carré latin (Fisher, 73) pour deux raisons. Nous disposions de 6 sujets seulement pour huit combinaisons des trois variables expérimentales. Et vu ce que nous avons dit plus haut au sujet du faible nombre de répétitions, nous voulions utiliser cette variable non pour déterminer une adaptation éventuelle, mais pour obtenir des valeurs plus globales, plus représentatives. Il nous a donc semblé indiqué de simplement renverser la suite des quatre premières séances lors des 4 dernières, compensant ainsi le mieux possible les effets éventuels de la succession temporelle des séances. Le plan d'expérience représenté dans la table 1 nous a semblé acceptable.

Table 1

Plan d'expérience. (1 = inact. + petit repas, 2 = trad. + petit repas, 3 = inact. + gros repas, 4 = trad. + gros repas).

Sujets	Séances expérimentales							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Pe	2	1	4	3	3	4	1	2
Ra	3	2	1	4	4	1	2	3
Gu	3	2	4	1	1	4	2	3
Si	4	3	2	1	1	2	3	4
Br	1	3	2	4	4	2	3	1
Po	4	2	3	1	1	3	2	4

Nous n'avons pas pu maintenir un intervalle constant entre les séances successives. L'intervalle le plus fréquent fut de trois à quatre jours, les valeurs extrêmes étant de 1 et 7 jours.

3.2.3. *Local d'expérience*

Nous disposions d'une chambre relativement sourde. L'isolation sonore en permettait une différence de niveau sonore de 38 décibels en moyenne, pour le spectre des fréquences audibles, entre l'intérieur et l'extérieur. La chambre était divisée en deux parties; l'une, où se trouvait le sujet, mesurait 2 m de longueur sur 1.75 m de largeur sur 2.20 m de hauteur, tandis que l'autre n'était guère qu'une annexe, dans laquelle l'expérimentateur effectuait les mesures de temps de réaction. La partie principale avait deux portes, une porte d'entrée, équipée d'une glace sans tain permettant d'observer les sujets pendant une séance expérimentale, et une porte de communication avec l'annexe qui n'était fermée que pendant les mesures de temps de réaction; le reste du temps elle était ouverte, cachée seulement par un rideau pour permettre à l'air injecté par un ventilateur dans l'annexe de circuler et de renouveler l'air ambiant.

Le ventilateur avait pour autre fonction de remédier à l'insuffisance de l'isolement du local en produisant un bruit blanc de masquage très constant de 60 db, qui concourait en plus à rendre uniforme l'entourage sensoriel du sujet, surtout pendant l'inactivité.

L'éclairage était assuré par une lampe de 40 Watt accrochée au plafond, à gauche du sujet et légèrement en retrait par rapport à lui.

Le sujet était placé face au rideau cachant l'ouverture de communication avec l'annexe, près d'une paroi, assis sur un siège rembourré, réglable en hauteur, rotatif et comportant un dossier et de petits accoudoirs. Ce siège était posé sur le dispositif actographique décrit plus haut. Tuyaux et fils reliant les appareils de mesure aux capteurs à miroir sortaient de la chambre d'expérience par une petite ouverture pratiquée dans une des parois proches du sujet.

Un thermographe et un barographe se trouvaient dans l'annexe, enregistrant constamment la température et l'humidité relative ambiantes. La température initiale fut régulièrement de 24° C et d'environ 25–26° C en fin d'expérience. L'humidité relative, de 30–50 % au début des séances, ne se modifiait pas au cours de celles-ci.

3.2.4. *Déroulement de l'expérience*

Lors de chaque séance expérimentale le sujet s'est présenté à nous entre 11 hs 30 et 13 hs 00. Les jours de petit repas nous lui donnions le produit à boire sur place, puis nous allions au restaurant pour y consommer un

café noir. Les jours de gros repas nous allions tout de suite au restaurant. Le repas ou le café terminés, nous revenions au laboratoire. Le sujet pénétrait dans le local d'expérience, s'asseyait, et nous collions les électrodes de fréquence cardiaque aux endroits du thorax mentionnés sous 3.1.4., puis nous attachions le pneumographe. Ces opérations prenaient environ 10 à 15 minutes. Ensuite l'appareil de fréquence de fusion était introduit sur une table roulante, et nous faisons 5 mesures successives, suivies de 5 mesures de temps de réaction en utilisant la clef de Morse collée sur la même table et la lampe spéciale accrochée à la porte de communication avec l'annexe. Par la suite nous adaptions le bandeau frontal à la tête du sujet et l'électrode d'oreille était pincée et collée au lobe auriculaire.

Pur la traduction, le sujet disposait d'une table. Dans cette variante de notre expérience la porte d'entrée restait entrouverte pendant toute la séance. Non seulement cela nous permettait de demander toutes les 10 min. au sujet où il en était dans son travail et de contrôler ainsi sa production en fonction du temps, mais aussi d'établir un contact avec lui en lui demandant si tout allait bien, si la traduction l'amusait, etc. Pour l'inactivité par contre, dès que les appareils étaient en place et réglés nous fermions la porte et abandonnions le sujet à lui-même pendant les deux heures que durait chaque séance.

A l'extérieur du local les appareils étaient réglés de manière à amener les spots lumineux des capteurs au niveau des lignes de base, les valeurs de base correspondantes étaient notées pour la température et la résistance cutanées, puis le moteur du photokymographe était enclenché.

A la fin des deux heures de traduction ou d'inactivité nous retournions vers le sujet, le libérions du bandeau frontal et de l'électrode d'oreille, effectuions de nouveau 5 mesures de fréquence de fusion et 5 de temps de réaction. Le pneumographe était ensuite détaché et les électrodes de fréquence cardiaque arrachées ou décollées avec un mélange d'acool et d'éther. Finalement le sujet sortait du local d'expérience — en général très satisfait après deux heures d'inactivité payée et un peu agacé après la traduction, — et remplissait le questionnaire. En tout et pour tout, chaque séance durait près de trois heures.

3.2.5. *Résumé succinct de la partie méthodologique*

Techniques de mesure: Fréquences de fusion et temps de réaction simples visuels. Actographie globale (pneumatique), fréquence cardiaque, température cutanée frontale (thermistor) résistance électrique cutanée

entre front et oreille (électrodes en acier, courant continu d'environ 20 microampères), fréquence respiratoire (pneumographe). Questionnaire.

Sujets: 3 féminins et 3 masculins, âgés de 20 à 29 ans, rémunérés.

Variables expérimentales:

a) activité: inactivité — traduction.

b) repas: petit repas + café — gros repas.

c) répétition: chaque combinaison de a) et b) prise deux fois.

Succession des séances dans le temps fixée assez systématiquement, et non au hasard.

Local d'expérience: Chambre relativement sourde (— 38 db en moyenne).

Déroulement de l'expérience: Avant, petit repas + café ou gros repas. Avant et après la séance proprement dite, 5 mesures de fréquence de fusion et 5 de temps de réaction.

Durée de chaque séance expérimentale: 2 heures, pendant lesquelles, enregistrement continu d'actogramme, fréquence cardiaque, température et résistance cutanées et fréquence respiratoire.

3.3. RÉSULTATS

Nous avons opéré de la manière suivante avec les valeurs brutes recueillies en cours d'expérimentation:

Analyse de variance: Prenant séparément l'ensemble des valeurs de chaque mesure, nous avons toujours commencé par effectuer une analyse de variance selon le «mixed model» décrit par Snedecor (212), Mentzer (167) et Le Roy (141), les sujets étant considérés comme variable aléatoire (random variable). La décomposition des valeurs nécessaire pour l'analyse de variance a été faite, pour les fréquences de fusion et les temps de réaction, selon

sujets x temps (avant-après) x activité x repas x répétition x mesures individuelles (5 chaque fois),

pour les mesures enregistrées de manière continue, selon

sujets x 10 minutes (10 valeurs additionnées) x demi-heures x activité x repas x répétition,

et pour la traduction, selon

sujets x 10 minutes (une valeur) x repas x répétition.

Variabilité dans le temps: De plus, nous avons étudié la variabilité dans le temps des mesures enregistrées de manière continue. A cet effet nous avons additionné les différences — en valeur absolue — d'une minute à

l'autre, pour chaque demi-heure. Ce procédé ressemble à celui proposé par Leidermann et Shapiro (140), tout en étant plus simple et donnant une information aussi valable. Les données ainsi recueillies ont été examinées par l'analyse de variance, mixed model également, après décomposition selon

sujets x demi-heures x activité x repas x répétition.

Test de Duncan: La significativité éventuelle de différences entre moyennes correspondantes a été mise en évidence par le test de Duncan (in Weber, 232).

Fidélité et homogénéité: La fidélité des mesures en fonction de leur répétition a été étudiée au moyen du coefficient de corrélation par rangs de Spearman (Siegel, 210). De même pour l'homogénéité des mesures, en considérant la 1^e par rapport à la 4^e demi-heure des séances. (Nous devons faire remarquer ici que pour juger de la significativité des coefficients de corrélation nous avons utilisé la table reproduite dans le livre de Siegel. Or les valeurs limites y correspondent à $p = 0.05$ et $p = 0.01$ en «one tailed probabilities», admettant donc une hypothèse *dirigée*. Burke (50, 51) a bien montré qu'il n'est pas correct de prévoir à l'avance que seul un résultat déterminé aura une signification, alors que les résultats de sens contraire seraient dus au hasard. Nous devons donc nous contenter de valeurs limites two tailed correspondant à $p = 0.10$ et $p = 0.02$).

Analyses de Fourier: Pour l'étude de la régularité de la variabilité des mesures en fonction du temps, nous avons effectué des analyses de Fourier pour la fréquence respiratoire, la fréquence cardiaque et l'actogramme en nous basant sur les valeurs moyennes par minute.

Les *corrélations entre les différentes mesures* ont été calculées à l'aide du coefficient de corrélation par rangs de Spearman.

Dépouillement du questionnaire: Finalement le test du *chi-carré* a été appliqué pour détecter des effets significatifs éventuels des variables expérimentales sur les distributions des notes données au questionnaire.

La grosse majorité des calculs statistiques a été effectuée par l'ordinateur électronique ERMETH de l'Institut de Mathématiques appliquées de l'École polytechnique fédérale.

3.3.1. Fréquences de fusion visuelles: FFV

Les moyennes des résultats, calculées en tenant compte des variables expérimentales, sont représentées dans la table 2.

Table 2

Fréquences de fusion visuelles en fonction du temps et des variables expérimentales activité et repas.

Variables	FFV (en Hz)			
	avant	après	av-ap	sign.
Moyennes globales	40.9	40.2	0.7	*
Inactivité	41.1	40.4	0.7	*
Traduction	40.6	39.9	0.7	*
Petit repas	40.9	40.3	0.6	*
Gros repas	40.8	40.0	0.8	*
Inactivité et				
petit repas	41.0	40.5	0.5	
gros repas	41.2	40.3	0.9	*
Traduction et				
petit repas	40.9	40.1	0.8	*
gros repas	40.4	39.7	0.7	*

*: $p < 0.05$

Analyse de variance: Seule la différence entre avant et après séances est significative. L'étude des moyennes montre que les différences entre avant et après séances sont systématiques par leur signe et semblable par leur valeur, que l'on prenne les moyennes globales, celles des variables expérimentales ou encore les combinaisons de repas et activité: chaque fois les FFV d'avant les séances sont supérieures à celles d'après les séances.

Les FFV ont été fréquemment utilisées antérieurement comme mesure de fatigue dans des situations de travail très différentes. L'hypothèse de départ était que la fatigue (en rapport avec les fonctions nerveuses surtout), en produisant un fonctionnement nerveux moins efficace, provoquerait une baisse de FFV à la fin d'un travail par rapport aux mesures précédant le travail. Cette hypothèse a été confirmée plusieurs fois (par exemple Grandjean et Jaun, 96, Schmidtke, 208, Whittenburg et collab., 235), mais elle a également été infirmée (par exemple Busch et Wachholder, 53, Ryan et collab., 205, Brozek et collab., 46). Ces résultats contradictoires permettent de supposer soit a) qu'en l'absence d'une baisse de FFV le travail n'était pas fatigant ou qu'il ne l'était pas par rapport aux FFV, soit b) que les baisses de FFV ne sont pas réellement une mesure de fatigue ou qu'elles ne le sont que pour un aspect spécial de celle-ci, soit encore c) que a et b sont possibles simultanément et que les FFV ne sont, par exemple, qu'un reflet du niveau d'activation du système nerveux central.

L'expérience de Grandjean et Perret (97) montre que les baisses de FFV ne sont pas dues à une modification du diamètre pupillaire. D'autre part, Kogi et Kawamura (133) observent que le pentobarbital et la stimulation de la formation réticulée mésentéphalique ne modifient que les FFV mesurées au niveau du cortex visuel, et non pas dans les voies sous-corticales. En outre, Baker (16) fournit des données semblant indiquer qu'une sommation des effets de stimuli lumineux intermittents peut se produire au niveau cortical et entre les deux hémisphères. Ces expériences indiquent que les FFV et leurs modifications par des agents divers sont des phénomènes centraux. Les recherches d'Ogilvie (175, 176) en outre, étudiant les effets de stimulations auditives sur les FFV, permettent de penser que non seulement des mécanismes corticaux spécifiques, mais également sous-corticaux non-spécifiques (réticulaires) interviennent dans le comportement des FFV.

Les FFV sont abaissées par des influences diverses. Un travail de Busch (52) est particulièrement intéressant ici, puisque par une détente volontaire de la part de ses sujets il obtient une baisse de FFV, alors que le simple fait de se concentrer sur une formule mathématique les élève de nouveau. D'autre part, Reuning (194) trouve une corrélation significative entre FFV et l'importante du rythme alpha de l'EEG.

Il nous semble donc que les FFV doivent être considérées comme une résultante du degré d'activation général de l'organisme, et que des FFV élevées correspondraient à une dominance ergotrope, alors que basses, elles seraient le reflet d'une dominance trophotrope. Dans notre expérience la baisse de FFV observée après les séances nous semble être l'indication d'un passage de l'ergotropie précédant le séjour dans la chambre sourde, à une dominance trophotrope croissant en cours de séance. Il est important de voir que la baisse de FFV que nous avons enregistrée est la même pour l'inactivité et la traduction, comme d'ailleurs les valeurs de base sont semblables. Il faut donc admettre qu'inactivité et traduction ont eu la même influence sur nos sujets. Cela peut provenir de ce que les textes à traduire n'étaient pas compliqués, et que le fait de devoir écrire la traduction pouvait conférer à cette activité un aspect moteur monotone au moins aussi important que la monotonie sensorielle lors de l'inactivité.

Mentionnons encore la différence (non-significative) entre les différences d'avant et après séances, qui sont de 0.5 Hz pour inactivité et petit repas et de 0.9 Hz pour inactivité et gros repas. Ceci nous donne l'impression que le gros repas doit avoir produit une trophotropie (et donc une baisse de FFV) plus marquée que le petit repas, mais que cet effet a pu apparaître lors de l'inactivité seulement, alors qu'il était masqué ou compensé par l'activité des sujets lors de la traduction.

3.3.2. Temps de réaction simples visuels: TR

Les moyennes des TR sont représentées à la table 3.

Table 3

Temps de réaction simples visuels en fonction du temps et des variables expérimentales activité et repas.

Variables	TR (en $\frac{1}{100}$ sec.)		
	avant	après	ap-av
Moyennes globales	35.3	35.9	0.6
Inactivité	34.9	36.3	1.4
Traduction	35.8	35.6	-0.2
Petit repas	35.4	36.2	0.8
Gros repas	35.3	35.7	0.4
Inactivité et petit repas	34.6	36.2	1.6
gros repas	35.3	36.4	1.1
Traduction et petit repas	36.3	36.2	-0.1
gros repas	35.3	35.0	-0.3

Analyse de variance: Comme au paragraphe précédent ce sont les différences d'avant et après séances expérimentales qui nous intéressent ici. L'analyse de variance n'a d'ailleurs donné de résultats significatifs que pour des interactions où interviennent les mesures individuelles (5 chaque fois); or, nous avons précisément effectué chaque fois 5 mesures individuelles pour n'en considérer ensuite que la moyenne, c'est à dire en éliminant le facteur de la variabilité des mesures.

La table 3 représente les moyennes des TR en tenant compte du temps (avant et après séances expérimentales), des variables expérimentales activité et repas ainsi que de leurs combinaisons. Il n'y a pas de valeurs significatives. Si on observe les différences entre après et avant séances (3^e colonne), on remarque cependant une tendance: toutes les valeurs dépendant de la traduction sont de signe négatif (raccourcissement des TR) et voisines de zéro, alors que celles qui dépendent de l'inactivité sont toutes positives (allongement des TR) et supérieures à 1 centième de seconde.

Les résultats obtenus ici avec les TR sont plus difficiles à interpréter que cela ne nous semblait être le cas pour les FFV. Cela s'explique par-

tiellement par le fait que les TR sont déterminés par des processus plus nombreux, puisqu'à la perception d'un signal s'ajoute le déclenchement de la réponse motrice. De plus, dans notre expérience, une forte composante d'attention intervenait, car le sujet avait tendance à regarder autour de lui, ou même simplement à côté de la lampe-signal, ce qui suffisait à allonger le temps de perception du signal. En fait, nous avons l'impression que c'est justement la capacité de centration sur un objet petit qui pouvait être affectée soit par l'inactivité soit par la traduction, plutôt que la vitesse de perception en soi, ou le temps de passage de l'afférence sensorielle à l'efférence motrice, ou encore la rapidité du mouvement.

Sur le plan neurophysiologique d'abord, on peut voir une relation entre le degré d'activation corticale et les TR. Le travail d'Isaac (117) montre qu'en stimulant la formation réticulée — directement par stimulation électrique ou indirectement par excitations sensorielles — on raccourcit fortement les TR. Dustman et collab. (69) obtiennent des TR significativement plus courts lorsque le signal est donné à un moment où les ondes bêta dominent l'EEG que lorsque c'est le rythme alpha qui domine. Stemm (216) trouve une corrélation faible mais significative entre la latence du bloc alpha après un signal lumineux et le TR pour ce signal. D'autre part il est connu qu'en avertissant les sujets de l'imminence d'un signal, c'est à dire en éveillant leur attention et en la centrant sur la source du signal à venir, on réduit les TR (voir par exemple 158, 207). En outre, plus les signaux utiles sont complexes, ou plus les stimulations non-utiles sont importantes, plus les TR sont longs (par exemple 159, 181), l'augmentation de la complexité de la tâche pouvant alors être considérée comme produisant une diffusion de l'attention. Finalement, Grandjean et Jaun (96) ont utilisé les TR comme mesure de fatigue auprès de téléphonistes et ils ont trouvé une élévation significative des valeurs au cours du travail.

Les divers exemples que nous avons cités semblent bien indiquer que les TR dépendent, pour une part importante du moins, du degré d'attention générale des sujets, et plus spécialement de l'intensité de leur centration sur la source des signaux. Or, une telle attention fait forcément intervenir un effort volontaire de la part des sujets, qui *veulent* regarder bien la lampe-signal pour réagir le plus rapidement possible.

Si maintenant nous revenons à nos résultats, nous devons expliquer pourquoi les TR ont tendance à s'allonger après l'inactivité, alors qu'ils sont les mêmes avant et après la traduction. Nous formulons l'hypothèse suivante: pendant l'inactivité le sujet était libre de penser à n'importe quoi ou à rien du tout; à l'opposé, la traduction le forçait à se concentrer le plus possible sur une seule activité d'une part et sur un petit nombre

d'objets d'autre part (le texte à traduire et le manuscrit). Ainsi, la mesure de TR représentait, en fin de séance et pour l'inactivité un effort intense après une détente intellectuelle de deux heures, alors que pour la traduction, il ne s'agissait que d'un prolongement de l'effort avec simple changement de l'objet sur lequel devait porter l'attention.

La différence des résultats aux FFV et aux TR pourrait ainsi être expliquée par une distinction fondamentale entre ces deux mesures: il n'est pas possible d'influencer volontairement les FFV en fournissant un effort particulier (à moins de tricher), alors que pour les TR le sujet peut *s'efforcer* de réagir le plus vite possible. Conscients du danger qu'il y a à utiliser des termes physiologiques pour exprimer des faits psychologiques, nous pensons néanmoins qu'on pourrait parler des TR comme faisant appel à des fonctions plus élevées, plus corticalisées ou dépendant moins du fonctionnement sous-cortical que les FFV.

3.3.3. *Actogramme*

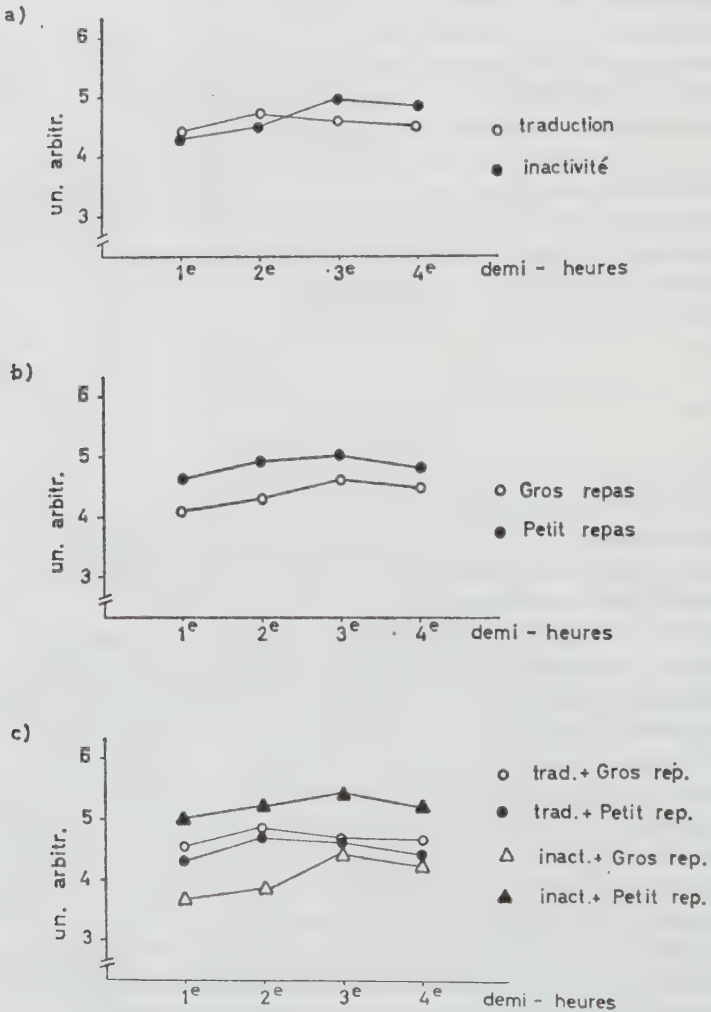
La figure 2 représente les moyennes des valeurs calculées en tenant compte du temps et des variables expérimentales; les tables 4 et 5 contiennent les moyennes pour les sujets, tenant compte également du temps et des variables expérimentales.

Analyse de variance: Aucune valeur significative n'est ressortie de l'analyse de variance. Si l'on regarde les courbes des moyennes (en unités arbitraires de mouvement) de la figure 2, un élément qui est propre à l'actogramme dans notre expérience ressort, très faiblement mais systématiquement: d'abord une légère augmentation de la motilité — de la 1^e à la 3^e demi-heure pour l'inactivité (fig. 2a) et pour les 2 repas (fig. 2b) comme pour les 2 combinaisons contenant l'inactivité (fig. 2c), et de la 1^e à la 2^e demi-heure seulement pour la traduction (fig. 2a) comme pour les combinaisons contenant la traduction (fig. 2c) — suivie d'une baisse tout aussi légère mais également systématique.

Variabilité de la motilité spontanée dans le temps: Si la variable expérimentale activité n'a pas provoqué de valeur significative dans l'analyse de variance, nous remarquons néanmoins que les valeurs sont de 1.8 et 1.3 unités arbitraires/min. pour l'inactivité et la traduction respectivement, ce qui n'est guère étonnant, puisque dans l'inactivité les sujets bougeaient lorsqu'ils en avaient envie, alors qu'un niveau stable de motilité était requis par la traduction, pour écrire un texte.

Figure 2

Actogramme (en unités arbitraires). Moyennes tenant compte du temps et des variables expérimentales activité et repas. Aucune différence n'est significative.



La *fidélité* de l'actogramme, c'est à dire la corrélation, en fonction du temps (groupes successifs de 10 min.), entre les différents jours est positive mais faible.

L'homogénéité des mesures (corrélation entre 1^e et 4^e demi-heures en fonction des sujets), calculée séparément pour l'inactivité et la traduction, produit des valeurs positives dans les deux cas, mais significative ($p < 0.10$) seulement pour l'inactivité, indiquant par là qu'entre eux les sujets ont réagi d'une manière parallèle au début et à la fin des séances pour l'inactivité, mais non pour la traduction.

Corrélations entre variables expérimentales: Nous avons obtenu une corrélation positive et non-significative, en fonction du temps, entre inactivité et traduction, et positive significative ($p < 0.10$) entre petit et gros repas. Ceci signifie que dans le temps la motilité spontanée évolue parallèlement si on l'étudie en fonction des petit et gros repas, alors que les valeurs correspondantes sont indépendantes les unes des autres lorsqu'on les considère en fonction de l'inactivité et de la traduction.

L'élément frappant dans les présentes données est la constance de la motilité spontanée dans le temps, même lorsque l'on considère les moyennes des sujets (tables 4 et 5).

Table 4

Actogramme (en unités arbitraires). Moyennes par sujet, en tenant compte de la variable expérimentale «activité» et du temps.

Sujets	Demi-heures successives			
	1 ^e	2 ^e	3 ^e	4 ^e
Inactivité				
Pe	3.3	3.8	3.8	3.9
Ra	3.0	3.0	3.0	2.6
Gu	2.4	2.1	2.1	2.7
Si	5.6	5.8	6.6	4.6
Br	2.1	2.1	2.5	2.5
Po	4.5	10.2	11.5	12.2
Traduction				
Pe	3.7	4.0	4.2	4.7
Ra	3.7	4.0	4.0	4.6
Gu	3.6	3.3	3.4	3.5
Si	5.2	5.7	5.3	4.5
Br	4.3	4.7	4.1	4.5
Po	5.8	6.7	6.9	6.0

Table 5

Actogramme (en unités arbitraires). Moyennes par sujet, en tenant compte de la variable expérimentale «repas» et du temps.

Sujets	Demi-heures successives			
	1 ^e	2 ^e	3 ^e	4 ^e
Petit repas				
Pe	4.0	4.4	3.8	3.8
Ra	3.2	3.5	3.5	3.5
Gu	3.0	3.0	2.9	3.2
Si	6.5	6.9	7.3	5.1
Br	3.2	3.5	3.2	3.4
Po	7.9	8.2	9.2	9.6
Gros repas				
Pe	2.9	3.4	4.3	3.8
Ra	3.5	3.5	3.5	3.7
Gu	3.0	2.5	2.7	2.9
Si	4.4	4.6	4.6	4.1
Br	3.2	3.3	3.3	3.6
Po	7.4	8.6	9.1	8.6

3.3.4. *Fréquence cardiaque: FC*

Les moyennes de FC, calculées en tenant compte du temps et des variables expérimentales, sont représentées sur la figure 3.

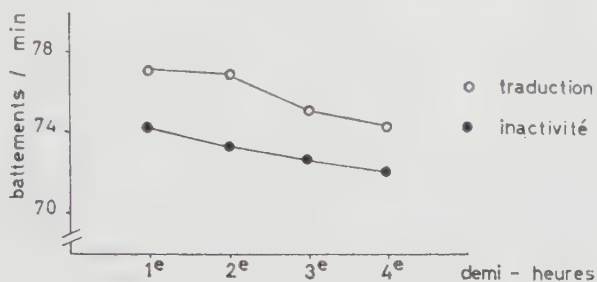
Analyse de variance: Seule la différence entre petit et gros repas est significative. Les moyennes globales correspondantes sont de 72.4 et 76.5 battements cardiaques/min. respectivement. Cette différence ressort également de la fig. 3b et c. Quant à la différence entre inactivité et traduction, elle est nette (moyennes de 73.1 et 75.9 battements cardiaques/min. respectivement) quoique non-significative (fig. 3a). De plus, nous remarquons que toutes les courbes de la figure 3 sont de pente négative.

Variabilité de la FC dans le temps: Aucune valeur n'est significative à l'analyse de variance. D'une demi-heure à l'autre les valeurs restent très constantes, et la seule différence un peu nette existe entre inactivité et traduction (2.8 et 2.4 battements cardiaques/min./min. respectivement), la variabilité étant donc plus élevée lors de l'inactivité, ce qui rejoint le résultat de l'actogramme.

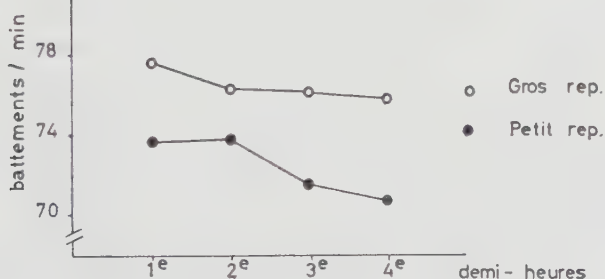
Figure 3

Fréquence cardiaque (en battements cardiaques/min.). Moyennes tenant compte du temps et des variables expérimentales activité et repas. Différences significatives: b) ● 1 - ○ 1, ● 3 - ○ 3, ● 4 - ○ 4. c) ○ 1 - △ 1 et ● 1, ○ 2 - △ 2 et ● 2, ○ 3 - △ 3 et ● 3, ○ 4 - △ 4 et ● 4; △ 3 - ▲ 3, △ 4 - ▲ 4.

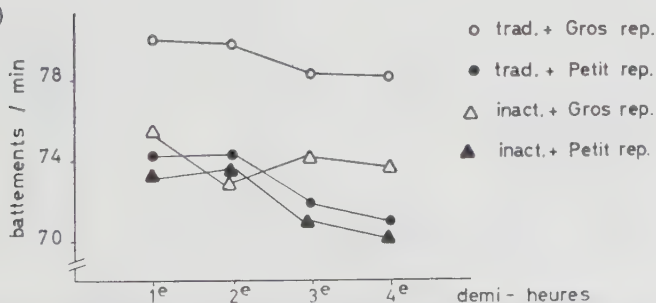
a)



b)



c)



La *fidélité* de la FC est bonne, puisque la corrélation entre les 1^e et 2^e séries de mesures est positive et significative ($p < 0.02$). Autrement dit,

la FC a évolué de la même manière et dans le même sens d'une séance à l'autre.

Homogénéité: Les corrélations d'homogénéité sont positives mais non-significatives tant pour l'inactivité que pour la traduction. Il semble donc que les sujets ont réagi différemment les uns des autres dans ces deux situations.

Corrélations entre variables expérimentales: Elles sont significatives et positives aussi bien entre inactivité et traduction qu'entre petit et gros repas ($p < 0.02$ et $p < 0.10$ respectivement), signifiant que la FC évolue dans le temps indépendamment de la variable expérimentale considérée.

L'accélération de la FC lors d'un effort mental est un fait observé fréquemment (voir par exemple Bartenwerfer, 22, 23, Benedict et Benedict, 30, Rutenfranz, 204). En ce qui concerne le repas, l'expérience quotidienne nous apprend qu'il accélère en général la FC. Bazett et Bard (27) indiquent une augmentation du rendement cardiaque (cardiac output) se produisant 30 minutes à une heure après l'ingestion d'un repas; Capecchi (54) observe une accélération du pouls après le repas chez des enfants. Ainsi le décalage des courbes de la fig. 3a et b, celles de la traduction et du gros repas étant plus hautes que celles de l'inactivité et du petit repas, ne nous semble pas poser de problème particulier.

La pente négative de toutes les courbes de la figure 3 nous permet de penser à l'importance dominante de l'uniformité de la situation expérimentale, sans qu'il soit possible de distinguer entre inactivité, et traduction. Ces données peuvent être mises en rapport avec celles de Bartenwerfer (20) mentionnées plus haut. La pente moindre des courbes dans lesquelles intervient le gros repas doit provenir d'une digestion nettement plus longue qu'après le petit repas.

Malmo (155) et Bélanger et Feldman (28) ont considéré une baisse de FC comme l'indication d'une baisse du niveau d'activation général. Nous pensons que la même attitude peut être adoptée ici. Cependant il ne faut pas oublier que la FC n'est qu'un des aspects de la fonction cardiaque, et qu'une baisse de FC pourrait être compensée par une augmentation du débit cardiaque, mais également d'une baisse, si bien qu'il serait risqué de conclure de manière trop nette à une baisse du niveau d'activation dans notre expérience.

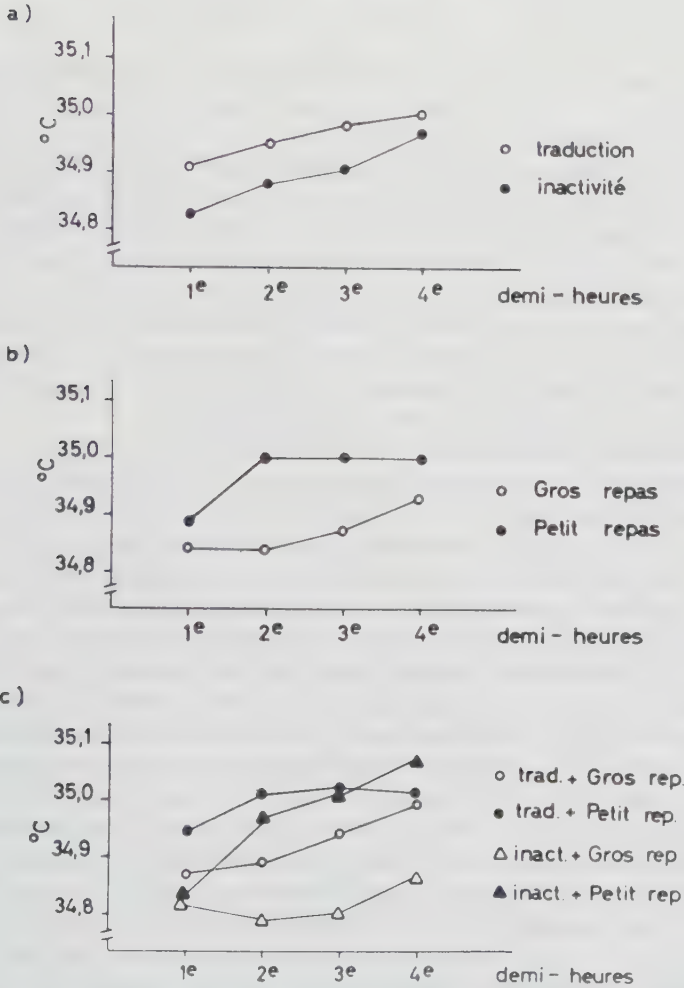
3.3.5. *Température cutanée: TC*

La figure 4 représente nos résultats en fonction des demi-heures successives, des variables expérimentales activité et repas, ainsi que de leurs combinaisons.

Figure 4

Température cutanée (en °C). Moyennes tenant compte des variables expérimentales activité et repas, ainsi que du temps. Différences significatives:

a) ○ 1-○ 2, ○ 2-○ 3; ● 1-● 3, ● 3-● 4. b) ○ 3-○ 4. c) ● 2-○ 2, ▲ 2-△ 2; ○ 3-△ 3; ○ 4-△ 4; ▲ 1-▲ 2.



Analyse de variance: Une différence significative apparaît entre les demi-heures, indiquant que l'élévation de TC observée dans notre expérience ne peut être attribuée au hasard seulement. En outre — mais ceci n'a qu'une importance secondaire et est difficilement interprétable — l'interaction demi-heures x activité x repas est significative; on se rend compte sur la figure 4c que cette valeur significative provient surtout de la différence de forme des courbes: les deux courbes tenant compte du petit repas sont de pente ascendante décroissante, celles qui dépendent du gros repas sont également ascendantes, mais de pente croissante (voir aussi fig. 4b).

La *variabilité des mesures en fonction du temps* n'apporte guère de renseignements. Elle est très constante d'une demi-heure à l'autre (0.04° C/min. pendant les deux heures) et la seule différence significative révélée par l'analyse de variance concerne l'activité: 0.05 et 0.04° C/min. pour l'inactivité et la traduction respectivement, ce qui est négligeable.

La *fidélité* des mesures en fonction du temps est positive mais faible ($p = 0.10$), indiquant par là une évolution semblable des valeurs dans le temps d'une séance à l'autre, le parallélisme étant toutefois assez faible.

L'*homogénéité* des mesures en fonction des sujets, et entre les 1^e et 4^e demi-heures, est significative et positive pour la traduction (donc réaction semblable des sujets aux séances), non-significative et positive pour l'inactivité (réactions diverses des sujets aux séances).

Corrélations entre variables expérimentales: Les corrélations, en fonction du temps, entre inactivité et traduction et entre petit et gros repas sont significatives ($p < 0.10$) et positives toutes deux, ce qui montre que dans tous les cas la TC a évolué de la même manière dans le temps.

Il faut considérer avant tout une donnée d'ordre méthodologique qui nous empêche d'attribuer une trop grande valeur aux présents résultats: En regard de l'augmentation moyenne de TC observée dans notre expérience, il convient de rappeler qu'au cours des séances la température ambiante s'est élevée systématiquement de 1° C (de 24° au début à 25° à la fin des séances). Cette inconstance de la situation expérimentale peut avoir influencé nos résultats d'autant plus que la TC était mesurée au front, c'est à dire en un endroit du corps particulièrement exposé aux conditions ambiantes. Cependant différents auteurs, tels Benedict et Parmenter (29), Edwards et Burton (71) et Ward (231), ont montré que la TC mesurée au front est peu variable dans le temps en fonction de la température ambiante. De plus, les courbes différentes de la figure 4b empêchent d'admettre un parallélisme univoque entre TC et température ambiante, cette dernière s'étant élevée de manière constante pendant les deux heures des séances, quelle que soit la combinaison des variables

expérimentales utilisée. Mais il est probable malgré tout que la variation de température ambiante a été la cause principale des modifications observées chez nos sujets, et nous n'osons pousser plus avant dans l'interprétation de nos résultats.

3.3.6. *Résistance électrique cutanée: REC*

La figure 5 représente les valeurs de REC en fonction du temps, de l'activité (fig. 5a), du repas (fig. 5b) et de la combinaison activité x repas (fig. 5c).

En premier lieu il convient d'attirer l'attention sur la baisse très importante de REC qui s'est produite au cours des séances expérimentales. Nous avons déjà rencontré cette baisse — moins forte il est vrai — dans nos expériences préliminaires rapportées en annexe. Nous avons dit qu'il s'agissait partiellement d'un artéfact (accumulation de transpiration aux électrodes). Cependant nous verrons que cela n'empêche pas la REC d'être en corrélation étroite, en fonction du temps, avec nos autres mesures.

Analyse de variance: Les résultats de l'analyse de variance sont significatifs pour demi-heures, demi-heures x activité et pour demi-heures x activité x repas. La valeur significative pour demi-heures x activité provient de la baisse de REC plus marquée pour l'inactivité que pour la traduction. Cette différence entre inactivité et traduction n'apparaît donc qu'en fonction du temps, c'est à dire que le pente de la courbe de l'inactivité est plus forte que celle de la traduction, alors que les moyennes globales, indépendamment du temps, ne diffèrent pas significativement; de plus il faut remarquer que c'est surtout pendant la première demi-heure qu'inactivité et traduction se distinguent l'une de l'autre. La significativité de l'interaction demi-heures x activité x repas est due à deux différences de baisse de REC: pour l'inactivité d'une part, la baisse est plus marquée avec le petit repas qu'avec le gros, et pour la traduction d'autre part, c'est le gros repas qui produit une plus forte baisse (fig. 5c). Autrement dit les petit et gros repas ont un effet différent sur l'inactivité et sur la traduction.

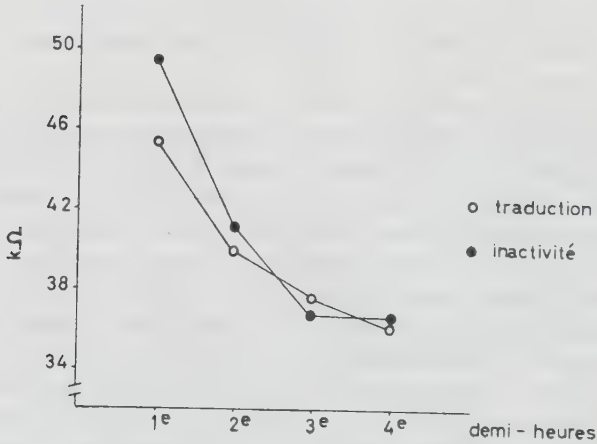
La *variabilité des mesures* (de 2 en 2 min.) est significativement différente d'une demi-heure à l'autre (1. 1,4, 2. 0,6, 3. 0,5 et 4. 0,5 kilohms/min.), ce qui est presque un lieu commun, puisque généralement plus une valeur moyenne est élevée, plus les valeurs individuelles qui la composent sont variables.

La *fidélité* des mesures est bonne: la corrélation entre les moyennes des 4 premières et celles de 4 dernières séances est positive et significative

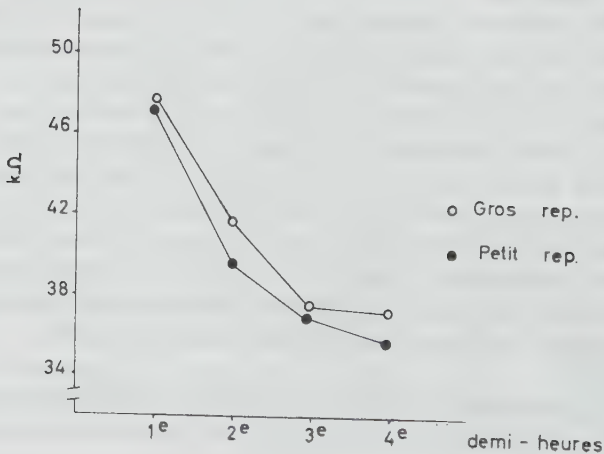
Figure 5

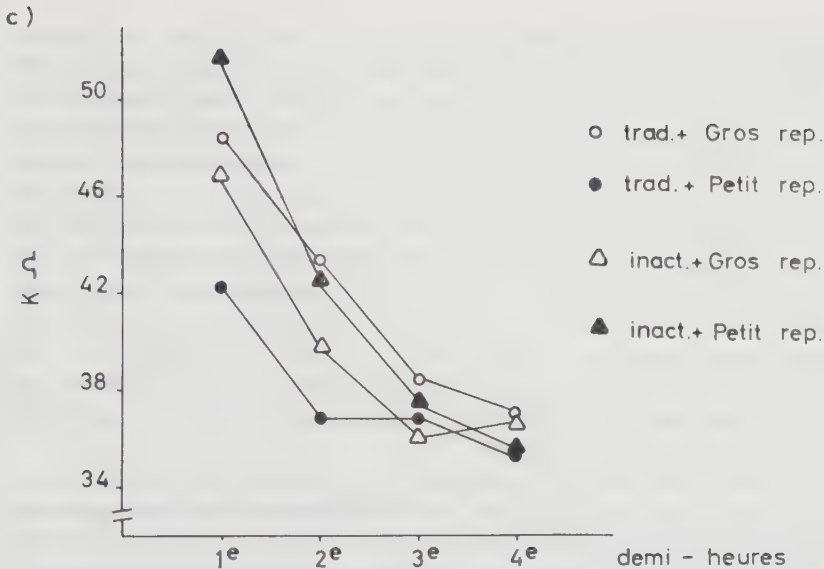
Résistance cutanée (en kiloohms). Moyennes tenant compte du temps et des variables expérimentales activité et repas. Différences significatives: a) significativités entre 1^e et 2^e, entre 2^e et 3^e demi-heures; ● 1 - ○ 1. b) Significativités entre 1^e - 2^e, et entre 2^e - 3^e demi-heures. c) Significativités entre 1^e - 2^e chaque fois, et entre 2^e - 3^e demi-heures sauf pour traduction + petit repas; ▲ 1 - △ 1, ● 1 - ○ 1, ● 1 - ▲ 1; ○ 2 - △ 2, ● 2 - ▲ 2, ● 2 - ○ 2; ● 4 - ○ 4, ▲ 4 - △ 4.

a)



b)





($p < 0.02$), indiquant que la REC a évolué de la même manière dans le temps au début et à la fin de l'expérience.

L'homogénéité par contre est moins nette, puisque les corrélations entre 1^e et 4^e demi-heures sont positives mais non-significatives pour l'inactivité comme pour la traduction, ce qui signifie que les courbes établies pour les 6 sujets en fonction du temps ne sont pas parallèles.

Corrélations entre variables expérimentales: Les corrélations, en fonction du temps, entre inactivité et traduction comme entre petit et gros repas sont positives et significatives chaque fois ($p < 0.02$), indiquant un parallélisme entre les courbes d'inactivité et de traduction comme entre celles des petit et gros repas.

Le premier élément important en ce qui concerne la REC est la forte baisse qui s'est produite au cours de toutes les séances et ressort nettement des courbes de valeurs moyennes représentées à la figure 5.

Tout d'abord, Bloch et Bonvallet (34) ont montré qu'il est possible de déclencher des «réponses électrodermales» (baisse rapide et brève de REC en réponse à une stimulation) en stimulant les régions de la formation réticulée à partir desquelles on obtient également un éveil cortical généralisé; inversement, l'élimination spécifique des liaisons réticulo-corticales activatrices élève considérablement le seuil de déclenchement de réponses électrodermales à partir de la périphérie. On peut donc conclure à un rapport direct entre baisse de REC et éveil cortical. Ensuite,

Richter et Woodruff (199) observent un rétrécissement des surfaces cutanées à basse REC pendant le sommeil; au front notamment, c'est une zone de plus en plus petite qui maintient sa REC de veille au fur et à mesure que le sommeil s'approfondit. Ce résultat confirme celui de Bloch et Bonvallet tout en étant basé sur un autre type d'expérience. Hawkins et collab. (101) ont trouvé le même rapport entre REC et profondeur de sommeil que Richter et Woodruff, tout en entrant dans des détails plus fins en ce qui touche le sommeil, puisqu'ils sont même parvenus à confirmer le stade «paradoxal» trouvé chez le chat par Jouvett (228). Enfin, Scholander (209) obtient a) une REC plus basse lorsque ses sujets se concentrent sur un objet que quand ils sont détendus et inattentifs, et b) une élévation de REC dans les deux cas en cours de séance; il interprète ces données par une habitude à la situation expérimentale qui produirait la baisse observée dans le temps.

En nous basant sur ces résultats qui concordent bien entre eux nous pouvons penser que nos sujets, loin de s'habituer à la situation dans laquelle ils se trouvaient, étaient activés de manière croissante dans le temps, et cela plus fortement lors de l'inactivité que pendant la traduction, et pareillement après un petit et un gros repas. Nous ne pensons pas que nos résultats n'ont été déterminés *que* par des artefacts tels que l'accumulation de transpiration aux électrodes ou l'élévation de la température ambiante, et ce parce que l'analyse de variance a révélé des différences significatives entre les valeurs de variables expérimentales dans lesquelles les artefacts possibles intervenaient de la même manière.

Passant en revue les travaux dans lesquels la REC de base ou ses variations rapides ont été utilisées comme mesure de l'intensité d'une réaction émotionnelle psychologique et partant, comme mesure de l'activation psychophysologique produite par des stimuli psychologiques, nous voyons sur ce plan également qu'une émotion produit une baisse de REC (travaux de Runquist et Ross, 202, Catell, 56, Traxel, 225 par exemple). Pour revenir à nos résultats on pourrait donc se demander si c'est une augmentation de tension émotionnelle qui s'est produite lors des séances. Placer ainsi nos résultats de REC sur un plan émotionnel permettrait hypothétiquement, d'une part d'expliquer l'absence de différence nette entre valeurs globales (indépendamment du temps) de REC pour l'inactivité et la traduction, ces deux situations se distinguant surtout au niveau intellectuel, et d'autre part, de comprendre que la baisse de REC dans le temps est moins marquée pour la traduction, celle-ci empêchant une élévation de l'activation d'origine émotionnelle par l'effort mental qu'elle impose au sujet. Cet effet présumé d'une activité mentale sur la REC correspondrait aux résultats de Cattell (56), selon lequel une expérience cognitive produit une variation

plus faible de REC que ne le fait une stimulation émotionnelle, ainsi qu'à ceux de Küppers (137), qui trouve des variations de REC très différentes d'un individu à l'autre lors d'un effort mental et donc à peu près nulles si on calcule les valeurs moyennes. Dès maintenant cependant nous devons remarquer qu'il est difficile d'admettre que nos résultats de REC soient dus à une élévation de l'activité réticulaire, parce que les résultats des fréquences de fusion comme ceux des fréquences respiratoire et cardiaque indiquent au contraire une *baisse* du niveau d'activation du système nerveux autonome.

3.3.7. *Fréquence respiratoire: FR*

La figure 6 représente les moyennes de FR calculées en fonction du temps et des variables expérimentales.

Analyse de variance: Des différences significatives apparaissent à l'analyse de variance entre les demi-heures d'une part et les activités d'autre part. Les différences correspondantes ressortent également sur la figure 6, où l'on voit que la traduction produit une FR supérieure à celle de l'inactivité (fig. 6a), alors que la différence entre les repas est minime (fig. 6b), même si la FR correspondant au petit repas est toujours inférieure à celle qui dépend du gros repas (fig. 6b et c).

La *variabilité des mesures* de minute en minute n'a produit aucune différence significative. Tout au plus une légère tendance apparaît-elle pour la variable activité (1.6 et 1.4 respir./min./min. pour inactivité et traduction respectivement).

Fidélité: Les corrélations de fidélité sont positives mais non-significatives.

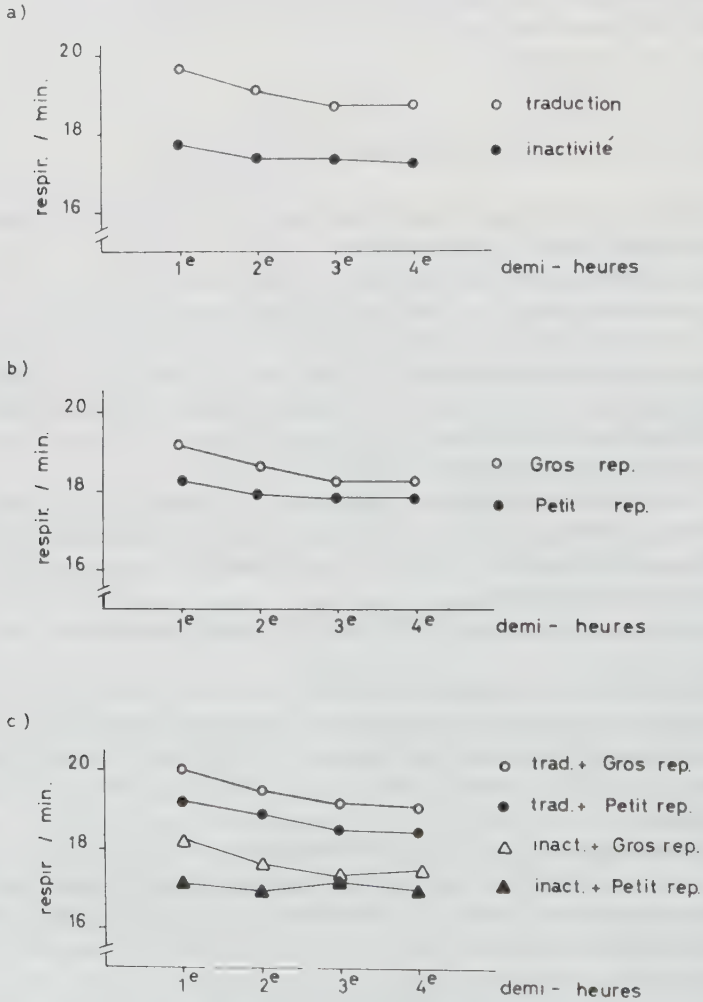
Homogénéité: L'homogénéité des mesures donne des corrélations positives pour l'inactivité et la traduction, mais significative ($p < 0.10$) seulement pour la première. Cela signifie que les courbes des différents sujets sont parallèles dans le temps pour l'inactivité, mais non pour la traduction.

Corrélations entre variables expérimentales: Les corrélations entre inactivité et traduction, comme entre petit et gros repas sont positives et significatives ($p < 0.10$). Cela signifie que la FR a évolué de la même manière dans l'inactivité et dans la traduction, comme après un petit et un gros repas.

D'après une étude mentionnée par Woodworth et Schlosberg (239), le calcul mental, l'attente anxieuse d'un événement, ou encore la surprise

Figure 6

Fréquence respiratoire (en respirations/min.). Moyennes tenant du temps et des variables expérimentales activité et repas. Différences significatives: a) entre inactivité et traduction pour les 4 demi-heures; $\circ$ 1- $\circ$ 3. b) $\circ$ 1- $\circ$ 2. c) $\bullet$ 1- $\bullet$ 3, $\triangle$ 1- $\triangle$ 3; $\circ$ 1- $\triangle$ 1, $\bullet$ 1- $\triangle$ 1; $\circ$ 2- $\triangle$ 2; $\circ$ 3- $\triangle$ 3;



provoqueraient une accélération de la FR (avec ou sans modification de la profondeur respiratoire). Guillard (99) note un ralentissement progressif de la FR au cours du sommeil, qui cependant ne va pas de pair avec les stades EEG du sommeil. Davis (62) observe une baisse d'activité respiratoire dans une situation de stimulation sensorielle réduite, et Kirihiro (132) mentionne des résultats semblables dans des tâches de vigilance. Goldensohn (87), dans une étude générale de la fonction respiratoire, établit un parallélisme étroit entre état d'alerte et respiration. Par contre Kondo (134) ne trouve pas de différence entre les FR de sujets conduisant une automobile dans la banlieue, la périphérie ou le centre d'une même ville.

Il semble dans notre cas que nous puissions interpréter la différence de FR entre inactivité et traduction comme étant due à la différence d'effort mental fourni dans les deux cas, alors que la baisse de FR dans le temps, significative et comparable quantitativement pour inactivité et traduction comme pour petit et gros repas, pourrait être attribuée partiellement à une adaptation à la situation expérimentale.

Les résultats de fréquence cardiaque sont parallèles à ceux que nous venons d'examiner. Aussi bien les FC que les FR permettent donc de conclure à l'installation progressive d'un état trophotrope pendant les deux heures des séances, cette trophotropie étant moins marquée dans la traduction, puisque l'effort mental exigé produit, lui, un effet ergotrope compensant en partie la trophotropie croissante.

3.3.8. *Analyses de Fourier*

Pour les FR, FC et l'actogramme nous avons effectué une analyse de Fourier, en fonction de l'inactivité et de la traduction chaque fois, et nous basant sur les moyennes des valeurs minute par minute, et donc indépendamment des sujets, des repas et des répétitions.

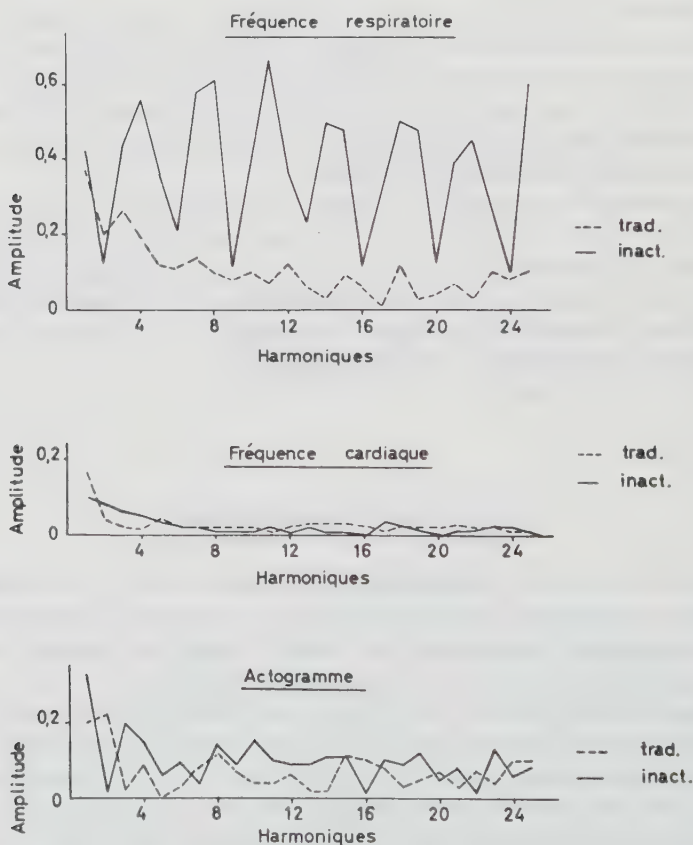
Notre hypothèse était la suivante: Lors de l'inactivité, les sujets étaient libres de penser à ce qu'ils voulaient ou de ne pas penser du tout, tout comme ils pouvaient bouger ou ne pas bouger à leur gré. Dans la traduction par contre, un effort psychologique déterminé était imposé, une production maximum demandée, et la motilité était déterminée pour une grande part par l'activité exigée. Nous pouvions donc prévoir que les variations des fonctions psychophysologiques seraient plus rapides, plus amples et surtout plus irrégulières dans l'inactivité que dans la traduction.

Si notre hypothèse était juste, elle devait se manifester de la manière suivante dans les analyses de Fourier: l'amplitude des premières harmoniques ne serait pas plus grande que celle des harmoniques d'ordre élevé pour l'inactivité, alors qu'elle dominerait pour la traduction, indiquant une rythmicité relativement lente mais surtout régulière.

Les résultats de nos analyses de Fourier sont représentés sur la figure 7.

Figure 7

Analyses de Fourier basées sur les moyennes de chaque minute, en tenant compte de l'activité et indépendamment des sujets, des repas et de la répétition.



A dessein nous n'avons reproduit que les 25 premières harmoniques qui sont largement suffisantes pour confirmer ou infirmer notre hypothèse.

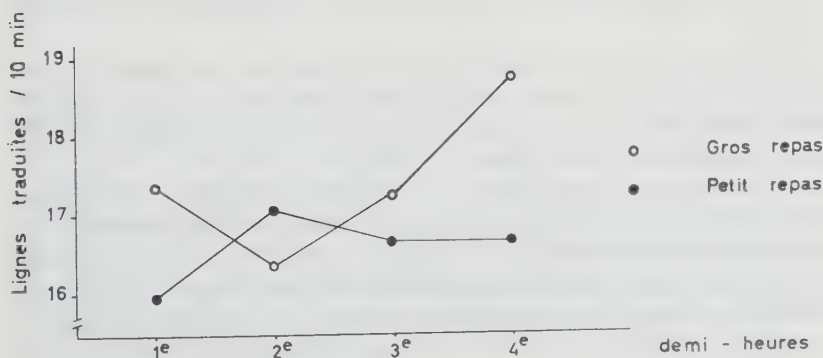
a) Pour la FR le résultat est assez net: les trois premières harmoniques dominent dans la courbe de la traduction, tout en étant d'amplitude assez faible, indiquant des variations relativement régulières et faibles en fonction du temps, alors que pour l'inactivité on observe des amplitudes fortes jusqu'à la 25^e harmonique, correspondant à des variations amples et très irrégulières en fonction du temps. b) Dans le cas de la FC nous voyons, une plus grande dominance de la première harmonique dans la traduction, donc un faible rythme de base, mais pas d'autre différence par rapport à la courbe de l'inactivité, les harmoniques suivantes ayant une amplitude voisine de zéro tant pour la traduction que pour l'inactivité. c) En ce qui concerne l'actogramme, aucune différence n'apparaît, puisque les premières harmoniques sont dominantes dans les deux cas. — quoique différemment — et que des amplitudes encore nettes apparaissent aux harmoniques d'ordre élevé dans l'inactivité et dans la traduction.

3.3.9. *Mesure de Performance: Traduction*

L'analyse de variance, basée sur les nombres de lignes (d'environ 30 caractères d'imprimerie) traduites par 10 min. successives, ne nous a donné aucun résultat significatif. La figure 8 représente la performance moyenne en fonction des demi-heures successives et de la variable expérimentale

Figure 8

Performance à la traduction (en lignes traduites/10 min.), en fonction du temps et des petit et gros repas. Aucune différence significative.



repas. Malgré l'absence de valeur significative, les deux courbes sont nettement différentes: pour le petit repas, augmentation de performance de la première à la deuxième demi-heure, puis légère baisse, et stabilisation; pour le gros repas par contre, baisse de performance de la première à la deuxième demi-heure, puis augmentation jusqu'à la fin des deux heures.

Fidélité: La corrélation, en fonction du temps, entre première et deuxième répétition des séances est *négative* et presque significative. Autrement dit, une augmentation de performance à la première répétition est liée à une baisse lors de la seconde, et inversement. Ce résultat est curieux et nous n'y trouvons pas d'explication; il est évident que la traduction ne peut pas être considérée ici comme une mesure de performance fidèle.

Corrélations entre variables expérimentales: La corrélation, en fonction du temps, entre les performances avec petit et gros repas est positive, non-significative.

3.3.10. Questionnaire

Les principaux résultats obtenus au moyen du questionnaire sont représentés dans les tables 6 et 7.

La description des résultats obtenus dans le questionnaire est malaisée pour des raisons d'évaluation statistique. Nous avons décidé de nous limiter aux questions ayant produit des différences significatives entre les distributions correspondantes des notes (chi carré) et dont les moyennes des notes diffèrent d'au moins 0.5 points. Cette décision comporte une part d'arbitraire, mais elle est indispensable: les exemples sont nombreux dans lesquels deux distributions de notes étaient significativement différentes alors que les moyennes des notes étaient presque égales, voire identiques.

Nous avons introduit dans la table 6 les questions pour lesquelles nous avons obtenu un ou plusieurs chi carrés significatifs ainsi qu'une différence d'au moins 0.5 entre les moyennes, et ce pour les deux variables expérimentales activité et repas.

a) Entre *l'inactivité et la traduction*, les différences sont aisément interprétables: l'éclairage (question 6), agréable pour un individu inactif, était légèrement insuffisant lorsqu'il s'agissait de lire un texte et d'en écrire la traduction, et cela surtout en fin de séance. Les questions concernant l'ennui ou le repos éprouvés pendant les séances (Q. 20 et 25), la tendance à dormir (Q. 31) ou à bouger (Q. 32), ainsi que la motilité estimée (Q. 36)

Table 6

Moyennes des notes pour les questions ayant produit un chi-carré significatif pour une variable expérimentale, ainsi qu'une différence entre moyennes des notes égale ou supérieure à 0.5.

a: début, b: milieu, c: fin des séances; in.: inactivité, tr.: traduction, PR.: petit repas, GR.: gros repas. Entre parenthèses, signification des notes 1 et 6 respectivement.

Questions:	in.	tr.	PR.	GR.
6. Éclairage (insuffisant – trop intense)	3.0	2.4		
11c. Gêné par l'électrode frontale (nullement – fortement)			1.3	2.3
18a. Sentiment de faim (nul – fort)			2.9	1.8
b. Sentiment de faim (nul – fort)			3.4	2.0
c. Sentiment de faim (nul – fort)			3.9	2.2
20a. Expérience ennuyeuse (nullement – fortement)	2.9	1.8		
25b. Expérience reposante (nullement – très)	3.9	2.1		
c. Expérience reposante (nullement – très)	3.8	1.9		
30a. Tendance à dormir (nulle – forte)	3.8	1.5		
b. Tendance à dormir (nulle – forte)	3.5	2.0		
31a. Tendance à la rêverie (nulle – forte)	1.9	1.1		
b. Tendance à la rêverie (nulle – forte)	2.3	1.1		
32a. Tendance à bouger (nulle – forte)	2.4	1.6		
b. Tendance à bouger (nulle – forte)	3.4	2.4		
36b. Motilité estimée (très faible – très forte)	3.5	2.5		
37a. Impression de perdre son temps (nullement – fortement)	2.0	1.4		

font penser à la perception subjective d'un état central trophotrope plus marqué dans l'inactivité que pendant la traduction, état contre lequel les sujets s'efforçaient de réagir en bougeant, pour ne pas s'endormir complètement. Finalement on voit à la question 37 (impression de perdre son temps) que nos sujets ont eu un peu plus l'impression de perdre leur temps pendant l'inactivité que pendant la traduction. Ce résultat nous étonne un peu, car 5 des 6 sujets ont dit trouver amusant ou agréable d'être payés pour ne rien faire.

Table 7

Moyennes des notes données en fonction du temps pour les questions ayant produit au moins une fois un chi-carré significatif entre les distributions des notes données pour le début et la fin des séances, ainsi qu'une différence entre les moyennes des notes égale ou supérieure à 0.5.

a: début, b: milieu, c: fin des séances. Entre parenthèses: signification des notes 1 et 6 respectivement.

Souligné. Valeurs présentant une différence significative (chi-carré) et nette (égale ou supérieure à 0.5) entre début et fin des séances.

Questions:

	Inactivité			Traduction			Petit repas			Gros repas			Séances 1-4			Séances 5-8		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
10. Température ambiante (trop basse - trop élevée)																		
11. Gêné par l'électrode frontale (nullement - fortement)							3.2	3.3	3.2		3.1	3.5	3.6					
15. Confort du siège (très inconfortable - très confortable)							1.1	1.4	1.3		1.8	2.2	2.3					
18. Sentiment de faim (nul - fort)	2.4	2.8	3.3	2.3	2.7	3.1	2.9	3.4	3.9	1.8	2.0	2.2	3.2	2.9	2.7	3.1	2.9	2.9
19. Soif (nulle - forte)	1.5	2.5	3.0	1.7	2.3	2.8	1.6	1.9	2.4	1.6	2.8	3.4	2.4	2.8	3.1	2.3	2.7	3.3
24. Expérience fatigante (nullement - fortement)	1.6	1.8	1.8	1.7	2.6	2.8	1.6	2.1	2.1	1.7	2.2	2.5	1.6	2.4	2.9	1.9	2.4	2.9
25. Expérience reposante (nullement - fortement)	3.7	3.9	3.8	2.7	2.1	1.9	1.6	2.1	2.1	1.7	2.2	2.5	1.6	2.1	2.3	1.7	2.2	2.3
29. Nervosité (nulle - forte)	1.3	1.7	1.8	1.4	2.4	2.0							1.8	2.3	2.0	1.3	1.8	1.8
30. Tendances à dormir (nulle - forte)	3.8	3.5	2.9	1.5	2.0	1.8												
32. Tendances à bouger (nulle - forte)	2.4	3.4	2.8	1.6	2.4	2.4	2.0	2.7	2.7	2.0	3.1	2.5	2.1	3.2	2.8	2.0	2.5	2.5
36. Motilité estimée (très faible - très forte)	2.5	3.5	2.5	2.0	2.5	2.5							2.4	3.2	3.1	2.0	2.5	2.3

b) En ce qui concerne les *petit et gros repas*, les différences croissantes entre moyennes relevées à la question 18 (sentiment de faim) ne nous étonnent pas. Pour des sujets sains et jeunes, il est évident qu'un repas de 225 kcal. est insuffisant. Par contre, la différence observée à la question 11 (gêne par l'électrode frontale), indiquant que le bandeau frontal a plus gêné les sujets en fin d'expérience lors du gros repas nous frappe, et nous n'y voyons pas d'explication.

La table 7 représente les moyennes des notes pour les questions ayant produit un chi carré significatif entre les distributions des notes données pour le début et la fin des séances, ainsi qu'une différence entre les moyennes correspondantes égale ou supérieure à 0.5. Remarquons que les moyennes des notes qui ne sont pas soulignées dans la table 7, parce que n'ayant pas produit de chi carré significatif, présentent cependant des modifications semblables, en fonction du temps, à celles qui sont soulignées.

Question 10: Il est intéressant de voir qu'après un gros repas, les sujets ont été plus sensibles à l'augmentation effective de la température ambiante dans la chambre sourde (de 24 à 25° C).

Question 11: C'est également après un gros repas que les sujets semblent avoir été gênés de manière croissante par le bandeau frontal. On peut se demander si une modification circulatoire n'a pas rendu la peau du front plus sensible à la pression exercée par l'électrode REC et par le thermistor.

Question 15: Dans les 4 premières séances les sujets ont trouvé leur siège de moins en moins confortable au fur et à mesure que les deux heures passaient. Dans les séances 5 à 8 ils semblent s'être habitués au siège.

Question 18: Dans toutes les variables expérimentales sauf le gros repas on note une augmentation nette du sentiment de faim. Il faut donc admettre que les 225 kcal. servant de petit repas ont bien insuffisamment nourri nos sujets.

Question 19: La soif éprouvée a également augmenté, mais plus après le gros repas qu'après le petit. Ceci ne peut nous étonner, puisque ce dernier était absorbé sous forme liquide et qu'il était suivi d'une tasse de café, alors que seul un verre de jus de pomme permettait à nos sujets de se désaltérer lors du gros repas.

Question 24: L'augmentation du sentiment de fatigue provient surtout de la traduction, n'étant que faible dans l'inactivité.

Question 25: Vu les résultats de la question 24 la présente donnée ne frappe guère. Il faut remarquer cependant qu'elle n'apparaît que pour la traduction.

Question 29: La «nervosité» a augmenté dans l'inactivité et lors de la répétition des séances expérimentales. Dans les deux cas c'est surtout au début des séances que cette augmentation a lieu. Notons encore que lors

des 4 premières séances les moyennes étaient plus élevées qu'à la répétition.

Question 30: La tendance à dormir, donc la somnolence éprouvée, a baissé en cours de séance lors de l'inactivité. Remarquons que la traduction a provoqué un résultat opposé.

Question 32: La tendance à (et par conséquent le besoin de) bouger augmente au début des séances pour se stabiliser ensuite à la traduction et après le petit repas, alors qu'elle baisse de nouveau à la fin des séances après le gros repas et lors des 4 premières séances.

Question 36: Nos sujets ont estimé avoir plus bougé pendant les deux derniers tiers qu'au début des séances lors de la traduction et des 4 premières séances. L'actogramme ne confirme pas ces jugements.

3.3.11. *Relations entre les différentes variables expérimentales*

Les données de ce paragraphe sont basées sur des coefficients de corrélation tenant compte, chacun, de deux mesures différentes. Deux possibilités s'offraient à nous: a) Ou bien nous pouvions calculer les coefficients de corrélation entre deux mesures en prenant pour variable les valeurs en fonction du temps — 12 valeurs moyennes basées sur 10 minutes chacune — et il ne nous était pas possible alors de tenir des compte des fréquences de fusion visuelles (FFV) et des temps de réaction simples visuels (TR) qui n'avaient été mesurés qu'avant et après les séances. b) Ou alors nous pouvions inclure ces deux mesures dans nos calculs, mais alors il fallait représenter les différentes mesures par une seule valeur — différence entre avant et après séances pour les FFV et les TR, et entre début et fin des séances pour les mesures enregistrées de manière continue — pour obtenir des coefficients de corrélation en fonction des sujets cette fois, et cela posait le problème du critère selon lequel calculer cette valeur unique pour les mesures enregistrées de manière continue. Finalement nous avons calculé les coefficients de corrélation tant en fonction du temps (possibilité a), voir table 8) que des sujets (possibilité b), voir table 9). Dans ce dernier cas nous nous sommes basés sur les différences entre première et quatrième demi-heures.

a) Pour commencer, nous avons reproduit dans les tables 8a—e les matrices de corrélation contenant les coefficients calculés, en fonction du temps (moyennes de 10 min. successives), entre les mesures enregistrées de manière continue. Dans l'ensemble, les signes négatifs n'ont pas de signification psychophysiologique, ils proviennent simplement de ce que nous avons toujours attribué le premier rang à la valeur la plus basse d'une mesure lors de la mise en rangs.

Une série de points peuvent être notés lorsqu'on examine les tables 8a—e:

Table 8

Coefficients de corrélation r_s de Spearman pour les variables expérimentales calculés en fonction du temps. (Valeurs soulignées une fois = $p < 0.10$, soulignées deux fois = $p < 0.02$.)

FR	Fréquence respiratoire	FC	Fréquence cardiaque
REC	Résistance cutanée	Act	Actogramme
TC	Température cutanée	Tr	Traduction

a) Moyennes globales

	FR	REC	TC	FC	Act
FR	—				
REC	<u>.81</u>	—			
TC	<u>-.68</u>	<u>-.92</u>	—		
FC	<u>.71</u>	<u>.87</u>	<u>-.86</u>	—	
Act	<u>-.30</u>	<u>-.45</u>	<u>.24</u>	<u>-.26</u>	—

b) Moyennes inactivité

	FR	REC	TC	FC	Act
FR	—				
REC	.48	—			
TC	-.35	<u>-.83</u>	—		
FC	.33	<u>.75</u>	<u>-.65</u>	—	
Act	-.20	<u>-.58</u>	<u>.39</u>	<u>-.46</u>	—

c) Moyennes traduction

	FR	REC	TC	FC	Act	Tr
FR	—					
REC	<u>.90</u>	—				
TC	<u>— .62</u>	<u>— .72</u>	—			
FC	<u>.79</u>	<u>.88</u>	<u>— .52</u>	—		
Act	— .07	.05	.02	.35	—	
Tr	— .67	<u>— .72</u>	.33	— .64	— .25	—

d) Moyennes petit repas

	FR	REC	TC	FC	Act
FR	—				
REC	<u>.65</u>	—			
TC	<u>— .57</u>	<u>— .93</u>	—		
FC	.31	<u>.83</u>	<u>— .73</u>	—	
Act	.30	— .06	.12	— .07	—

e) Moyennes gros repas

	FR	REC	TC	FC	Act
FR	—				
REC	<u>.77</u>	—			
TC	<u>— .42</u>	<u>— .53</u>	—		
FC	<u>.51</u>	<u>.63</u>	<u>— .39</u>	—	
Act	— .42	<u>— .76</u>	.13	— .37	—

Tout d'abord la ressemblance marquée entre les matrices basées, l'une sur les moyennes globales (tab. 8a), l'autre les moyennes calculées en tenant compte de la traduction (tab. 8c). Il semblerait donc que la traduction serait représentative de l'ensemble de notre expérience — en ce qui concerne la mise en relation des différentes mesures — et ceci pourrait indiquer que la tâche que nous avons imposée aux sujets n'était pas particulièrement non-monotone, mais qu'elle correspondait plutôt à leur activité sensorielle, mentale et motrice moyenne ou normale, ou encore habituelle pour une heure du jour donnée. La matrice de corrélation obtenue lorsqu'on tient compte de l'inactivité (tab. 8b) par contre, se différencie le plus nettement des autres. En effet nous n'y trouvons aucun coefficient significatif entre FR et les autres mesures. Lors de l'inactivité par conséquent, il semble que la FR s'individualise, qu'elle soit influencée de manière spécifique par une situation dont la caractéristique principale est sans doute l'absence de discipline imposée aux sujets. Il est intéressant que cette séparation d'une mesure se produise pour la FR, la seule parmi les variables contrôlée de manière dominante par le système nerveux autonome qui puisse également être contrôlée par la volonté (on peut modifier sa respiration). Ainsi un résultat important dans notre expérience lorsqu'on étudie les corrélations entre les mesures est l'aspect différent de la matrice obtenue pour l'inactivité par rapport aux 4 autres, ainsi que le fait que cette différence soit due à la FR.

Si maintenant nous considérons spécialement les mesures dans les tables 8a—e, il en est deux qui ressortent particulièrement. C'est d'abord l'*actogramme*. En effet, sur les 21 coefficients obtenus entre l'*actogramme* et les autres mesures et en fonction des variables expérimentales et des moyennes globales, deux seulement sont significatifs et ce avec la REC dans les deux cas. La seconde mesure qui attire l'attention ici est la REC car elle occupe la place opposée à celle de l'*actogramme*. Sur 21 coefficients de corrélation possibles entre REC et les autres mesures, 17 sont significatifs; si l'on fait abstraction de l'*actogramme*, 15 coefficients sur 16 possibles avec la REC sont significatifs, dont 10 avec une probabilité d'erreur inférieure à 0.02. Si on examine la succession des rangs pour la REC en fonction du temps on voit qu'elle est presque parfaitement régulière. Cela semble signifier que la REC n'est pas en corrélation étroite avec les autres variables à dominance autonome pour des raisons de causalité directe, mais plutôt parce qu'elle varie de manière régulière et constante dans le temps.

Nous sommes frappés par le fait que les seules corrélations significatives faisant intervenir l'*actogramme* sont observées à l'inactivité (tab. 8b) et au gros repas (tab. 8e), chaque fois avec la REC. Or, c'est également à l'inacti-

vité et au gros repas que la REC cesse de baisser vers la fin des deux heures. Cette constatation suggère l'entrée en action, en fin de séance et pour l'inactivité et le gros repas, d'un mécanisme de compensation.

Il nous reste à considérer les coefficients de corrélation faisant intervenir la performance de nos sujets à la traduction (tab. 8c). Il est curieux de voir qu'ave la FR et la FC les coefficients sont significatifs et *négatifs*: Autrement dit, l'augmentation moyenne de performance observée au cours des séances est liée à une *baisse* de FR et de FC, ce qui nous étonne, puisqu'il a été constaté fréquemment qu'un effort mental accélère ces deux fonctions. Nous ne trouvons pas d'explication à cette observation.

Table 9

Coefficients de corrélation r_s de Spearman, calculés en fonction des sujets et en se basant sur les différences des valeurs entre début et fin des séances, pour les mesures. (Valeurs soulignées une fois = $p < 0.10$, soulignées deux fois = $p < 0.02$.)

FR	Fréquence respiratoire	Act	Actogramme
REC	Résistance cutanée	FFV	Fréquences de fusion visuelles
TC	Température cutanée	TR	Temps de réaction visuels simples
FC	Fréquence cardiaque	Tr	Traduction

a) Moyennes inactivité

	FR	REC	TC	FC	Act	FFV	TR
FR	—						
REC	— .37	—					
TC	— .66	— .32	—				
FC	— .37	— .43	.54	—			
Act	.43	— .89	.26	.09	—		
FFV	.14	.66	— .48	— .20	— .77	—	
TR	.48	— .20	— .14	— .71	.60	— .37	—

b) Moyennes traduction

	FR	REC	TC	FC	Act	FFV	TR	Tr
FR	—							
REC	.07	—						
TC	.26	-.43	—					
FC	-.14	-.26	.20	—				
Act	.31	-.14	.43	-.77	—			
FFV	.37	-.08	-.03	.49	-.54	—		
TR	.14	-.43	.49	-.66	.94	-.49	—	
Tr	.60	.14	.37	.43	-.08	.07	-.26	—

c) Moyennes petit repas

	FR	REC	TC	FC	Act	FFV	TR
FR	—						
REC	.03	—					
TC	-.08	-.25	—				
FC	.54	-.02	.60	—			
Act	-.94	-.02	.31	-.48	—		
FFV	.94	.14	-.32	.49	-1.00	—	
TR	-.57	.42	.02	-.60	.60	-.60	—

d) Moyennes gros repas

	FR	REC	TC	FC	Act	FFV	TR
FR	—						
REC	— .09	—					
TC	— .22	— .09	—				
FC	.08	— .40	.31	—			
Act	— .25	<u>— 1.00</u>	.03	— .40	—		
FFV	.43	.71	— .54	— .22	— .72	—	
TR	.06	— .31	.09	— .14	.66	— .20	—

b) Dans les tables 9a—d nous avons inscrit les coefficients de corrélation calculés en fonction des 6 sujets et à partir des différences entre première et quatrième demi-heures pour actogramme, FC, TC, REC, FR et traduction, et entre avant et après séances pour les FFV et TR. C'est sans doute le nombre de valeurs par trop bas intervenant dans chaque calcul qui est cause de la rareté des valeurs significatives dans ces 4 tables et qui nous empêche également de leur attribuer une trop grande importance. Nous relevons cependant les significativités entre actogramme et REC pour l'inactivité (tab. 9a) et le gros repas (tab. 9d) tout comme elles nous avaient frappés dans les tables 8b et e.

Deux coefficients significatifs présentent en outre un intérêt, quoique nous ne puissions pas les expliquer: d'une part dans la traduction (tab. 9b), la corrélation entre actogramme et TR qui est positive (à un accroissement de motilité spontanée pendant les séances de traduction correspond un allongement des TR et inversement), alors que d'autre part la corrélation est négative entre actogramme et FFV pour le petit repas (tab. 9c), indiquant une évolution dans le temps en sens contraire pour ces deux mesures.

3.4. DISCUSSION DES RÉSULTATS

Dans la table 10 nous avons comparé, par des signes, l'inactivité et la traduction, le petit et le gros repas, en nous basant sur les moyennes

Table 10

Comparaison de l'inactivité avec la traduction, et du petit avec le gros repas, basée sur les valeurs moyennes des mesures.

Mesures:	Activité	
	Inactivité – Traduction	Repas Petit – Gros
Baisse des Fréquences de fusion	—	—
Allongement des Temps de réaction	>	—
Motilité spontanée	—	—
Fréquence cardiaque	<	≪
Fréquence respiratoire	≪	<
Résistance électrique cutanée	>	<
Baisse de résistance électrique cutanée	>	—
Traduction (performance)		<
Sentiments de monotonie	>	—

>: Valeur d'inactivité ou de petit repas plus élevée que celle de traduction ou de gros repas.

<: Valeur d'inactivité ou de petit repas plus basse que celle de traduction ou de gros repas.

≪ >: Différence significative ($p < 0.05$) entre les valeurs comparées.

—: Absence de différence entre valeurs comparées.

des mesures calculées indépendamment du temps. Dans la table 11, nous avons indiqué, en tenant compte des variables expérimentales activité et repas, ainsi que de leurs 4 combinaisons possibles, l'évolution dans le temps des mesures psychophysiologiques et de la performance. Dans les deux tables 10 et 11 nous n'avons pas tenu compte de la température cutanée, estimant que les résultats obtenus avec nos méthodes et dans notre expérience n'avaient été déterminés que par un artéfact technique (élévation de la température ambiante pendant les séances expérimentales). En outre, nous avons représenté comme telles les tendances nettes, même si elles n'ont pas produit de significativités statistiques, les considérant valables comme indications générales.

Table 11

Évolution des mesures dans le temps, en tenant compte des variables expérimentales et de leurs combinaisons.

FFV: Fréquences de fusion
TR: Temps de réaction
Act: Actogramme (mobilité spontanée)

FC: Fréquence cardiaque
FR: Fréquence respiratoire
REC: Résistance électrique cutanée
Trad.: Traduction (performance)

Variables expérimentales:	FFV	TR	Act	FC	FR	REC	Trad.
Inactivité	⇒	→	→	→	→	⇒	
Traduction	⇒	→	→	→	⇒	⇒	→
Petit repas	⇒	→	→	→	→	⇒	→
Gros repas	⇒	→	→	→	⇒	⇒	→
Inactivité + petit repas	→	→	→	→	→	⇒	
gros repas	⇒	→	→	→	⇒	⇒	
Traduction + petit repas	⇒	→	→	→	⇒	⇒	→
gros repas	⇒	→	→	→	→	⇒	→

→ : Constance
 → : Élévation
 → : Baisse
 ⇒ ⇒ : Élévation ou baisse significatives ($p < 0.05$)

a) Discussion des tendances générales

En considérant la table 11 dans son ensemble nous voyons que les fréquences de fusion, les fréquences cardiaque et respiratoire ont été abaissées dans notre expérience en général. Ces résultats peuvent être interprétés comme indication d'une modification de l'équilibre entre structures activatrices et freinatrices sous-corticales dans le sens de la dominance de ces dernières, notamment au niveau des fonctions autonomes, et ce aussi bien dans une situation expérimentale d'inactivité, ce que correspond à notre hypothèse, que dans une tâche de traduction, ce qui s'oppose alors à notre hypothèse.

L'élément curieux et intéressant ici est la constance globale de la motilité spontanée et des temps de réaction, mais surtout la baisse de

résistance électrique cutanée et l'élévation de la performance. Par rapport à nos hypothèses nous observons donc l'infirmité de celles qui concernaient l'inactivité et la confirmation de celles que nous avons émises au sujet de la traduction. Cependant certaines restrictions doivent être présentées à ce sujet: tout d'abord nous avons vu que la forte baisse de résistance cutanée devait être due pour une bonne part à des artéfacts de méthode, quoique des différences significatives existent entre différentes conditions expérimentales, permettant de retenir malgré tout, mais avec prudence, nos résultats de résistance cutanée. Ensuite, l'augmentation de performance au cours des séances peut être signe d'une compensation par les sujets des sentiments de somnolence et de fatigue croissante, par une activité mentale accrue, comme cela est fréquemment observé dans des expériences psychologiques (privation de sommeil par exemple). Nous nous demandons enfin si la constance de l'actogramme dans le temps n'est pas elle aussi une compensation, comme pourrait l'être l'élévation de performance, les sujets s'efforçant de ne pas se laisser aller à l'immobilité qui les conduirait au sommeil interdit par la consigne; ceci est confirmé par le questionnaire, où les sujets ont jugé avoir bougé de plus en plus au cours des séances, n'exprimant peut être par leurs notes que leur *désir* de bouger plus.

En conclusion nos résultats indiquent plutôt, de manière générale, une tendance vers la dominance des systèmes freinateurs et ce surtout pour des fonctions autonomes, c'est à dire dans le sens d'une trophotropie.

A titre d'indication nous avons reproduit dans la table 12 les résultats d'auteurs ayant effectué plusieurs mesures simultanément. Il apparaît nettement que dans la plupart des exemples présentés les mesures évoluent parallèlement dans le temps si on les exprime en termes d'équilibre de systèmes activateurs et freinateurs (c'est à dire en inversant le sens des flèches trouvées dans les colonnes des temps de réaction et de résistance électrique cutanée). Ce parallélisme nous confirme dans notre idée que les oppositions apparentes dans notre cas peuvent n'être que les manifestations de compensation par les sujets d'une tendance à la somnolence inadaptée à la situation expérimentale.

b) Inactivité et traduction

Nous venons de voir que dans le temps l'inactivité ne se distingue guère de la traduction, contrairement à nos hypothèses de départ. Cependant la table 10 permet de voir certaines différences entre ces deux conditions d'activité: les temps de réaction subissent un allongement dans l'inactivité alors que la traduction les laisse inchangés. Ensuite, les fréquences car-

Table 12

Comparaison des résultats de travaux dans lesquels plusieurs mesures ont été enregistrées.

(↗ : élévation, ↘ : abaissement, = : pas de variation systématique.)

Auteurs	Variable expérimentale	TR	Variables dépendantes				FR	Perfor.	Autres variables
			FFV	Act	FC	TC	REC		
Kirihara (132)	Vigilance		↗		↗			↗	
Dempsey et collab. (66)	Pilotage d'avion	↗					↗	↗	
Bartenwerfer (24)	Monotonie			↗	↗			↗	EEG-fréq. ↗ et ↗
Lovell et Morgan (148)	Monotonie brève				=			=	EEG-fréq. ↘
Davis (62)	Privation sensorielle			↗	↗			↗	
Kondo (134)	Conduite automobile				↗		↗	=	↗
Geldreich (83)	Travail mental				↗		↗	↗	
Benedict et Benedict (57)	Travail mental				↗			↗	Quot. respir. ↗
Guillard (99)	Sommeil			↗	↗			↗	
Capecchi (54)	Sommeil				↗				
Baker et Taylor (16)	Emotions				↗		↗		
Landis et Hamwi (139)	—		↗		=	↘ ou ↗			
Gildemeister (85)	Toux, valseva, etc.						↗		Ø pupill. ↗
Margaria (157)	Chauffage de la peau					↗	↗		
Nos résultats	Inactivité	↗	↗	=	↗		↗	↗	
	Traduction	=	↗	=	↗		↗	↗	

diague et respiratoire sont inférieures dans l'inactivité par rapport à la traduction. Et de nouveau la résistance électrique cutanée présente un intérêt particulier: d'une part elle est supérieure dans l'inactivité en comparaison de ce qu'elle est dans la traduction, mais d'autre part, la *baisse* de résistance cutanée est plus marquée dans l'inactivité; cependant cette différence des baisses respectives des résistances cutanées n'existe qu'entre les première et deuxième demi-heures des séances, les valeurs de l'inactivité et de la traduction étant très semblables pour les dernières demi-heures des séances, faisant ainsi penser à une réaction d'adaptation plus importante dans l'inactivité. Finalement une dernière différence entre inactivité et traduction apparaît, indépendamment du temps toujours, au questionnaire, les sujets ayant trouvé l'inactivité plus endormissante, plus monotone que la traduction.

En conclusion, nous voyons qu'en fonction du temps, seuls les temps de réaction semblent confirmer nos hypothèses de départ en ce qui concerne les différences entre inactivité et traduction. Eux seuls — et nous avons déjà noté que parmi nos mesures psychophysiologiques ce sont eux qui dépendent le plus de l'activité corticale — témoignent d'un déplacement de l'équilibre au cours des séances vers la dominance des systèmes sous-corticaux freinateurs pour ce qui touche l'activité corticale. Les fréquences cardiaque et respiratoire et la résistance électrique cutanée par contre montrent bien un niveau d'activité des fonctions autonomes qui est supérieur dans la traduction, ce qui est une indication certaine d'ergotropie plus marquée (ou de trophotropie moins forte) pendant que les sujets travaillent que lorsqu'ils sont inactifs, et cette ergotropie plus marquée est due pour une bonne part à une plus grande activité corticale exigée par la tâche. L'élément frappant par contre est que cette différence entre inactivité et traduction manifestée par des fonctions autonomes apparaisse dès la première demi-heure des séances, et qu'ensuite elle reste constante pendant les trois dernières demi-heures pour les fréquences cardiaque et respiratoire, et même qu'elle s'amenuise dans la résistance cutanée pour devenir nulle en fin de séance.

Ces données attirent notre attention sur un fait important: sans doute un travail mental complexe est-il plus éveillant que l'inactivité, mais lorsqu'il dure assez longtemps il ne parvient pas à maintenir le niveau d'activité corticale et autonome qu'il a produit au début, il parvient de moins en moins bien par conséquent à maintenir intenses les rapports de l'individu avec le monde extérieur. Or c'est là ce qu'avec Grandjean on peut appeler la fatigue; donnée importante alors, on voit dans notre expérience que les signes de fatigue observés ne sont pas accompagnés d'une baisse de performance à la traduction.

c) Petit et gros repas

C'est de nouveau dans la table 10 que nous trouvons les données permettant de différencier les effets de petit et gros repas. Et il est intéressant de voir que ce n'est que dans les mesures dépendant du système nerveux autonome que nous avons trouvé des différences entre petit et gros repas, en plus de la performance.

Les fréquences cardiaque et respiratoire sont plus élevées après un gros repas, et cette observation contredit évidemment notre hypothèse à ce sujet. Cependant nous devons nous référer à l'activité digestive (au niveau du tube digestif) produite par le repas; de plus les énergies nutritives apportées par le repas doivent être transportées dans les différentes parties de corps surtout par l'intermédiaire de l'appareil circulatoire (et c'est effectivement la fréquence cardiaque qui accuse seule une différence significative entre petit et gros repas) et respiratoire. La résistance électrique cutanée, plus élevée après le gros repas nous permet de compléter le tableau en ce qu'elle semble refléter, elle, un état trophotrope plus marqué après ce gros repas. Nous sommes donc bien en présence d'une trophotropie plus marquée après le gros repas qu'après le petit: le gros repas place l'organisme des sujets dans un état permettant la restitution des énergies utilisées auparavant; pour cette restitution l'organisme «se sert» des fonctions cardiaque et respiratoire, alors qu'il met «en veilleuse» les fonctions qui ne lui sont pas utiles, ici la résistance électrique cutanée.

L'élément intéressant est l'indépendance manifestée par les fonctions psychophysiologiques à dominance corticale à l'égard des deux différents repas. On peut admettre ici, précisément, une séparation entre les fonctions autonomes en général, dépendant fortement des activités internes viscérales de l'organisme, et les activités corticales, beaucoup plus dirigées vers l'extérieur, vers la vie de relation.

Il reste à comprendre pourquoi la performance est plus élevée après le gros qu'après le petit repas. Deux explications complémentaires sont possibles: ou bien les sujets compensaient une sensation de somnolence due au gros repas par un effort accru fourni à la tâche, pour se maintenir éveillés; si l'impression d'indépendance entre fonctions autonomes et corticales qui ressort à l'analyse des effets du repas dans notre expérience est juste, les sensations de somnolence ne proviennent que de fonctions autonomes, de la digestion en particulier, et n'affectent pas le cortex; par conséquent l'effort accru des sujets permet effectivement d'aboutir à une performance meilleure après le gros repas. Ou bien, seconde explication possible, le petit repas était tellement insuffisant — et les sujets l'ont jugé

tel au questionnaire — que tout simplement nos sujets n'avaient plus la force nécessaire pour fournir un effort mental soutenu et intense.

d) Conclusions

Pour conclure, nous tenons à attirer l'attention sur la relation entre systèmes sous-corticaux ergotrope et trophotrope à effets autonomes et les systèmes sous-cortico-corticaux activateurs et freinateurs à effets corticaux de relation. Il apparaît dans notre expérience que ces deux groupes de systèmes font preuve d'une certaine dépendance mais également d'une indépendance l'un à l'égard de l'autre. C'est une constatation psychophysiologique essentielle, dont il faudra tenir compte ultérieurement et qu'il serait heureux de pouvoir explorer systématiquement à l'avenir tant lors de l'observation du comportement que dans l'étude physiologique des rapports existant entre fonctions autonomes et fonctions de relation.

4. Résumé et conclusions

Dans une étude sur les effets psychophysologiques d'une situation monotone nous avons choisi les variables expérimentales suivantes: a) *Activité*. Ou bien le sujet ne faisait rien pendant les séances, *inactivité*, c'est à dire situation expérimentale monotone; ou bien il devait traduire un texte, *traduction*, situation de contrôle. b) *Repas*. Avant les séances nous avons donné au sujet soit un petit soit un gros repas. Ces deux variables pouvaient être combinées de 4 manières, chaque combinaison étant utilisée deux fois pour chaque sujet.

Trois hommes et trois femmes nous servirent de sujets dans notre expérience dont chaque séance durait deux heures. Avant et après les séances nous avons mesuré les fréquences de fusion visuelles et les temps de réaction simples visuels; pendant les séances nous avons enregistré les fréquences cardiaque et respiratoire, les température et résistance électrique cutanées et la motilité spontanée (actogramme). Après les séances les sujets devaient répondre à des questions portant sur ce qu'ils avaient éprouvé pendant les séances.

D'une manière générale les fréquences de fusion visuelles, les fréquences cardiaque et respiratoire et la résistance électrique cutanée sont abaissées en fonction du temps; la température cutanée s'élève dans le temps, mais cette variation semble être due à un artéfact; l'actogramme reste constant dans toutes les conditions expérimentales et il en est de même pour les temps de réaction, sauf dans l'inactivité, où ils sont allongés après les séances par rapport à avant; finalement la traduction (performance) s'est améliorée, en moyenne, en fonction du temps.

L'inactivité se distingue de la traduction par des fréquences cardiaque et respiratoire plus basses, par des temps de réaction allongés alors qu'ils sont constants dans la traduction, par une résistance électrique cutanée plus élevée et par une baisse — en début de séance — de résistance électrique cutanée plus marquée. D'autre part le petit repas se distingue du gros repas par des fréquences cardiaque et respiratoire et une résistance cutanée plus basses, et également par une moins bonne performance.

Nous interprétons ces résultats en fonction de l'équilibre entre structures sous-corticales diffuses activatrices et freinatrices, dans le sens de la dominance de ces dernières dans les 4 conditions expérimentales. Cependant nous faisons remarquer que la dominance freinatrice s'est manifestée surtout au niveau autonome (trophotropie) et cela dans toutes les conditions expérimentales, mais également au niveau cortical, et ce de manière plus marquée dans l'inactivité que dans la traduction, ainsi qu'en témoignent les résultats des temps de réaction et du questionnaire.

En ce qui concerne le travail industriel que exige peu d'activité sensorielle, perceptive, mentale et psychomotrice du travailleur, nous ne pouvons le mettre qu'en rapport indirect avec les résultats de notre expérience. A en juger surtout par les fréquences cardiaque et respiratoire, nous voyons que la traduction demande une dépense énergétique supérieure à celle de l'inactivité; mais l'élément dominant est la ressemblance dans les modifications des mesures lors de l'inactivité et de la traduction lorsqu'on tient compte du temps. Dans les deux cas ces modifications indiquent une tendance à la baisse du niveau d'activation général de l'organisme. Ceci est important pour le travail industriel, car cette baisse de niveau d'activation peut être liée à une baisse de réactivité (générale ou limitée à une fonction) et elle risque d'être cause d'erreurs et d'accidents au moment où une performance maximale est exigée de l'individu. Ou bien il peut ne s'agir que d'une mise en train, d'une adaptation, qui exigerait une mobilisation d'énergies supplémentaires chaque fois que l'individu change d'activité. Nous ne pouvons savoir laquelle de ces deux hypothèses est juste. Seules des expériences plus spéciales permettront d'en décider, à condition qu'elles tiennent compte, en particulier, des deux facteurs essentiels et trop souvent négligés que sont la *longue durée des séances* et leurs *fréquentes et nombreuses répétitions*.

ANNEXE

Expériences préliminaire:

Trois jeunes gens et une jeune fille âgés de 19 à 25 ans nous servirent de sujets.

a) Au début de chaque séance expérimentale le sujet s'asseyait et nous fixions quatre électrodes identiques aux endroits suivants: plante du pied droit – jambe droite et front – oreille. Les distances entre les deux électrodes de chaque paire étaient égales. Entre l'électrode et le bandeau de caoutchouc (remplacé à l'oreille par une pince qui servait à la maintenir en place) nous intercalions un coussinet de caoutchouc mousse qui absorbait une partie de la pression du bandeau tout en empêchant encore mieux l'électrode de glisser. En outre, nous nous efforcions d'appliquer les quatre électrodes avec la même pression sur la peau, Neu (173) ayant montré qu'une pression exercée sur une région cutanée en modifiait la résistance. Ainsi nous pouvions mesurer la résistance cutanée entre front et oreille et entre pied et jambe, oreille et jambe pouvant être considérées ici comme des parties inactives.

Dans la première séance expérimentale nous mesurons d'abord la résistance pied-jambe pendant 30 min. puis pendant 30 min. la résistance front-oreille. Dans la seconde séance l'ordre était inversé.

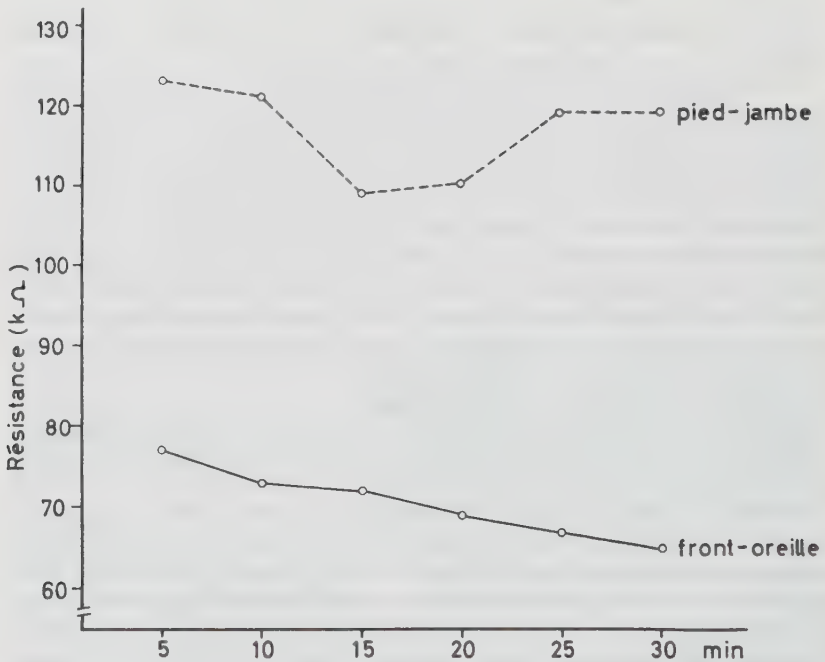
Le dispositif d'enregistrement est décrit sous 3.1.8. Il suffit d'indiquer ici que nous obtenions une courbe continue dont la hauteur au dessus de la ligne de base était inversement proportionnelle à la résistance cutanée. Nous avons dépouillé les courbes de deux manières: d'une part nous déterminions leur hauteur moyenne (et donc la résistance cutanée moyenne) par périodes de 5 min., et d'autre part nous obtenions un indice de variabilité de la résistance en calculant, pour chaque période de 5 min. également, le quotient de la longueur de la courbe (mesurée avec un odomètre) divisée par la longueur de la ligne de base, plus ce quotient était élevé, plus la variabilité était grande.

Les résultats furent analysés statistiquement par l'analyse de variance, en décomposant l'ensemble des valeurs recueillies: pour la résistance cutanée, en 4 sujets x 2 séries de mesures x 6 périodes de 5 min. x 2 localisations (pied-jambe et front-oreille), et pour l'indice de variabilité, en 4 sujets x 6 périodes de 5 min. x 2 localisations. Comme en aucun cas nous n'obtinmes de F correspondant à une probabilité p inférieure à 0.05, nous renonçons à reproduire les tableaux d'analyse de variance et nous limitons à la représentation des moyennes.

La figure 9 représente les résistances cutanées moyennes en fonction des localisations et du temps et indépendamment des sujets et de la répétition. Aucune différence entre deux points n'est statistiquement significative, mais nous remarquons tout de même deux faits intéressants: D'une part, la résistance pied-jambe est plus élevée qu'entre front et oreille. D'autre part, la forme des courbes n'est pas la même au front et au pied. Dans les deux cas nous observons une baisse de résistance pendant les 15 premières minutes. Nous pensons que

Figure 9

Résistance électrique cutanée moyenne en fonction du temps et des 2 localisations d'électrodes.



c'est là un artéfact dû à la mesure continue: la transpiration s'accumule à l'endroit des électrodes où elle ne peut s'évaporer et diminue progressivement la résistance de passage peau-électrode. Il est frappant de voir par contre que pendant les 15 dernières minutes la résistance au pied augmente de nouveau pour atteindre presque sa valeur initiale, alors qu'au front elle continue de baisser. Or, chaque fois la transpiration s'accumule aux électrodes et tend donc à diminuer la résistance (il faut sans doute plus d'une heure pour atteindre la saturation de transpiration par température ambiante normale). De plus, la baisse de résistance initiale est plus marquée au pied qu'au front. Tenant compte des tendances constatées, nous pensons que la résistance cutanée, telle qu'elle est observée à la plante du pied par rapport à la jambe est plus un reflet de l'activité du système nerveux de relation que ne l'est celle du front par rapport à l'oreille. En effet la courbe obtenue au pied correspond bien à ce que décrivent Woodworth et Schlosberg (239, p. 146): baisse initiale de la résistance

cutanée provenant d'une attente de la part des sujets peu habitués à ce genre d'expérience; puis augmentation de résistance lorsqu'ils se rendent compte qu'ils ne courent aucun danger. A l'opposé, la résistance mesurée au front dépendrait plus de l'activité du système nerveux autonome. Cela n'implique pas forcément que la baisse lente et constante observée ici soit le reflet pur d'une augmentation d'activité ergotrope; la courbe obtenue est probablement la *résultante* de 2 facteurs, accumulation de transpiration (facteur artificiel) et activité du système nerveux autonome (facteur physiologique).

Les indices de variabilité (longueur de la courbe de résistance cutanée enregistrée sur longueur de la base) sont représentés dans la table 13, en tenant

Table 13

Valeurs moyennes des indices de variabilité de la résistance électrique cutanée en fonction des 2 localisations d'électrodes et des 6 périodes de 5 min.

Localisations d'électrodes	Périodes de 5 min.						Moyenne
	1	2	3	4	5	6	
Front-Oreille	1.03	1.01	1.05	1.00	1.01	1.03	1.02
Pied-Jambe	1.20	1.14	1.35	1.18	1.18	1.20	1.21

compte des localisations et des périodes de 5 min., et indépendamment des sujets. Ici encore, aucune différence significative n'existe entre valeurs correspondantes. Nous nous permettons tout de même de relever que les valeurs de la localisation front-oreille sont très proches de 1.0, c'est à dire que la courbe de résistance cutanée est sensiblement une droite, alors que les valeurs pied-jambe montrent que cette courbe est supérieure d'environ 20 % à la longueur de la ligne de base. Cette différence entre les localisations provient de variations rapides plus fréquentes au pied qu'au front. L'examen des tracés en rapport avec les mouvements des sujets montre que souvent les modifications brusques de la résistance mesurée au pied correspondent dans le temps avec des mouvements violents. Aussi pensons-nous qu'il s'agit tout simplement d'effets mécaniques: un mouvement violent force le sujet à s'appuyer plus fermement sur son pied porteur d'électrode, améliorant ainsi le contact peau-électrode et diminuant passagèrement la résistance.

Au vu de ces résultats, et bien qu'ils ne fussent pas significatifs, nous avons choisi la localisation au front et à l'oreille des électrodes active et indifférente.

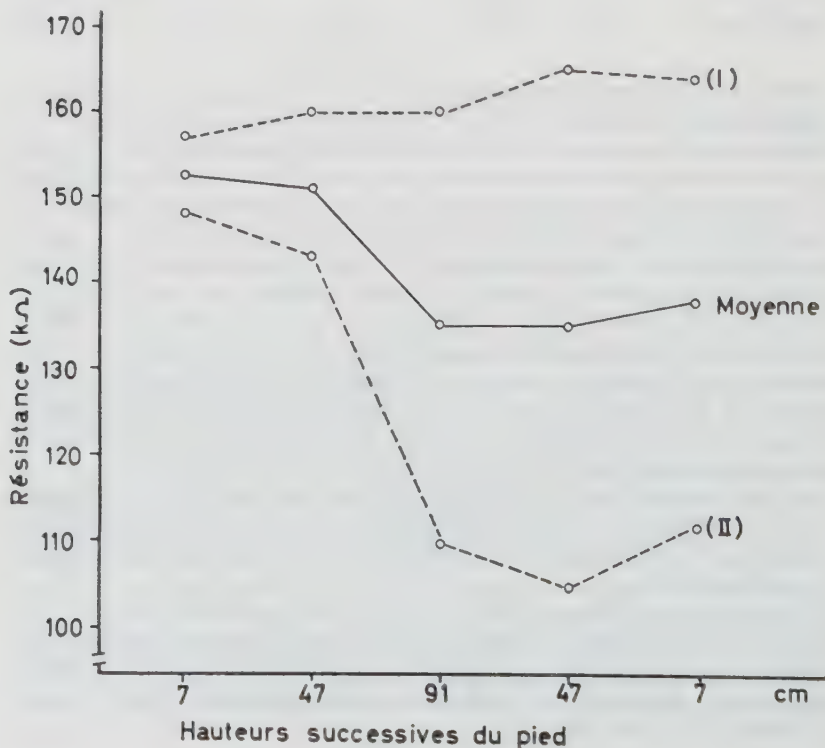
b) Profitant de cette expérience préliminaire nous nous sommes attaqués à un second problème.

Il s'agit de la corrélation existant entre la circulation sanguine et la résistance électrique dans une région cutanée quelconque. Les avis sont partagés à ce sujet, quoique les auteurs n'ayant pas trouvé une telle corrélation soient plus nombreux d'après Wang (229) et selon ce que nous-mêmes avons trouvé dans la bibliographie de cette question.

Nous avons abordé ce problème en modifiant la stase sanguine dans la jambe. Avec les mêmes sujets revenus pour une troisième séance, nous avons utilisé deux électrodes placées à la plante du pied et à la jambe. Puis, tout en enregistrant la résistance cutanée, nous demandions aux sujets de poser le pied porteur d'électrode, jambe tendue, sur une planche à 7 cm du sol et pendant 5 min. Puis sur le siège d'une chaise (47 cm) pendant la même durée, la jambe étant ainsi horizontale. Ensuite 5 min. encore avec le pied sur le dossier de la chaise (91 cm), jambe inclinée vers le haut. Après quoi, et pendant 5 min. toujours, de nouveau sur le siège puis sur la planche. Cette succession de phases de 5 min. avec inclinaisons différentes de la jambe était répétée immédiatement ensuite, si bien que la dernière valeur de la première suite de positions était également la première lors de la répétition.

Figure 10

Résistance électrique cutanée de 4 sujets en fonction des hauteurs successives du pied et des deux séries de mesures (pointillés). En trait plein, les moyennes, indépendamment des séries de mesures.

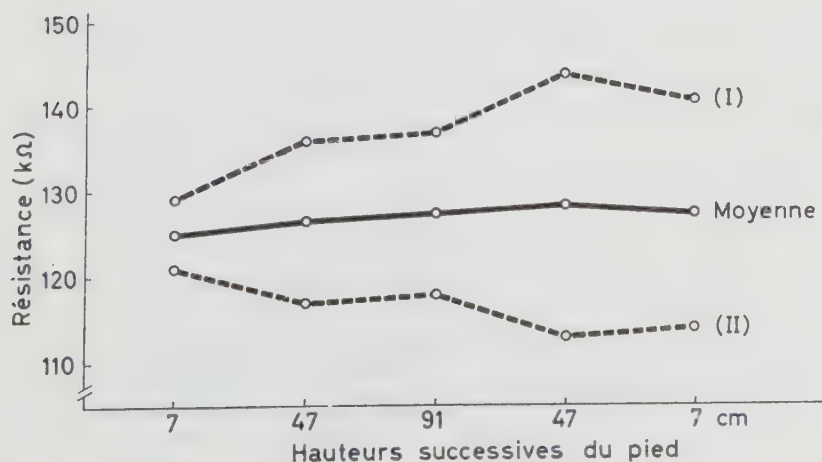


Nous avons recouru à l'analyse de variance en décomposant les valeurs obtenues en 4 sujets x 2 séries de mesures x 5 positions du pied (planche – siège – dossier – siège – planche) et cette fois encore elle n'a pas donné de résultats significatifs intéressants. Les moyennes des résistances cutanées sont représentées sur la figure 10, en tenant compte de hauteurs successives du pied et des deux séries de mesures (traits pointillés I et II) et également en fonction des hauteurs successives du pied seulement (trait plein). Aussi bien la représentation graphique des valeurs que leur utilisation dans l'analyse de variance montrent bien qu'il n'y a pas de relation univoque entre hauteur du pied – et donc stase sanguine – et résistance cutanée. Ce résultat est en accord avec d'autres, obtenus par l'étude, en rapport avec des variables circulatoires (pression artérielle, volume sanguin, vasomotricité), soit de la résistance cutanée basale, soit de la réponse cutanée à un stimulus (61, 198, 233).

La forme des courbes I et II de la figure 10 est curieuse. Si l'on pense que dans le temps elle pourraient être mises bout à bout, on a l'impression que soudainement, après 30 min. d'expérience, une chute de résistance se produit. Or, cette chute brusque n'est due qu'à un sujet dont la résistance cutanée a soudain baissé de 220 à 85 kilohms, sans cause extérieure apparente. Alors que dans la première moitié de la séance expérimentale la résistance de ce sujet se situait parmi les valeurs élevées des autres sujets, elle a passé d'un coup aux

Figure 11

Résistance électrique cutanée de 3 sujets en fonction des hauteurs successives du pied et des deux séries de mesures (pointillés). En trait plein, les moyennes, indépendamment des séries de mesures.



valeurs basses, sans pour autant sortir de la normale en absolu. Aussi n'avons-nous pas éliminé ce sujet de nos calculs statistiques, mais avons reproduit sur la figure 11 les moyennes de résistance cutanée pour trois sujets seulement. Les nouvelles courbes I et II ainsi obtenues présentent une symétrie axiale frappante par rapport à la courbe des moyennes globales qui est proche d'une droite et presque horizontale. Ceci confirme l'indépendance de la résistance cutanée par rapport à la stase sanguine telle que nous l'avons fait varier ici.

5. Bibliographie

1. *Adams, J. A., Stenson, H. H. and Humes, J. M.*: Monitoring of complex visual displays: II. Effects of visual load and response complexity on human vigilance.
Human Factors 3, 213–222 (1961).
2. *Adams, J. A., Humes, J. M. and Stenson, H. H.*: Monitoring of complex visual displays: III. Effects of repeated sessions on human vigilance.
Human Factors 4, 149–157 (1962).
3. *Adey, W. R. and Lindsley, D. F.*: On the role of subthalamic areas in the maintenance of brain-stem reticular excitability.
Exper. Neurol. 1, 407–426 (1959).
4. *Bach y Rita, P.*: Caractéristiques des activités évoquées dans diverses régions de la rétculée bulbaire et mésencéphalique.
J. de Physiol. 54, 283–284 (1962).
5. *Bakan, P.*: Vigilance.
Advanc. Sci. 13, 410 (1957).
6. — An analysis of retrospective reports following an auditory vigilance task.
Vigilance: a symposium, Mc Graw Hill, New York, 1963.
7. *Baker, C. H.*: Attention to visual displays during a vigilance task. I. Biasing attention.
Brit. J. Psychol. 49, 279–288 (1958).
8. — Attention to visual displays during a vigilance task. II. Maintaining the level of vigilance.
Brit. J. Psychol. 50, 30–36 (1959).
9. — Three minor studies of vigilance.
Def. Res. Med. Lab. Rep. No. 234–2 (1959).
10. — Towards a theory of vigilance.
Canad. J. Psychol. 13, 35–42 (1959).
11. — Observing behavior in a vigilance task.
Science 132, 674–675 (1960).
12. — Probability of signal detection in a vigilance task.
Science 136, 46–47 (1962).

13. — Consistency of performance in two visual vigilance tasks.
Vigilance: a symposium, Mc Graw Hill, New York, 1963.
14. — Further towards a theory of vigilance.
Vigilance: a symposium, Mc Graw Hill, New York, 1963.
15. — The dependance of binocular fusion on timing of peripheral stimuli and on central process. 3. Cortical flicker.
Canad. J. Psychol. 6, 151–163 (1952).
16. Baker, L. M. and Taylor, W. M.: The relationship under stress between changes in skin temperature, electrical skin resistance and pulse rate.
J. exp. Psychol. 48, 361–366 (1954).
17. Bard, P.: Body temperature regulation.
Medical Physiology, Mosby, St. Louis, 1956.
18. Barmack, J. E.: Studies on the psychophysiology of boredom. Part 1. The effect of 15mgs of benzedrine sulfate and 60mgs of ephedrine hydrochloride on blood pressure, report of boredom, and other factors.
J. exp. Psychol. 25, 494–505 (1939).
19. — Studies on the psychophysiology of boredom. Part 2. The effect of a lowered room temperature and an added incentive on blood pressure, report of boredom, and other factors.
J. exp. Psychol. 25, 634–642 (1939).
20. Bartenwerfer, H.: Über die Auswirkungen einförmiger Arbeitsvorgänge. Untersuchungen zum Monotonieproblem.
Marburger Sitzungsber. Naturwiss. 8/1957.
21. — Untersuchungen zum Monotonieproblem.
Z.bl. f. Arbeitswiss. 14, 28–33 (1960).
22. — Untersuchung und Beurteilung der psychischen Beanspruchung.
Z.bl. f. Arbeitswiss. 14, 231–233 (1960).
23. — Neuere Ergebnisse zum Problem psychischer Beanspruchung und Ermüdung.
Z.bl. f. Arbeitswiss. 15, 121–124 (1961).
24. — Psychische Beanspruchung.
Extrait du Handbuch der Psychologie, sans mention d'éditeur et sans date.
25. Bartlett, F. C.: Psychological criteria of fatigue.
Symposium on fatigue, Lewis, London, 1952.
26. Bartley, S. H. and Chute, E.: Fatigue and impairment in man.
Mc Graw Hill, New York, 1947.
27. Bazett, H. C. and Bard, P.: The circulation.
Medical Physiology, Mosby, St. Louis, 1956.
28. Bélanger, D. and Feldman, S. M.: Effects of water deprivation upon heart rate and instrumental activity in the rat.
J. comp. physiol. Psychol. 55, 220–225 (1962).

29. *Benedict, F. G. and Parmenter, H. S.*: Human skin temperature as affected by muscular activity, exposure to cold and wind movement.
Amer. J. Physiol. 87, 633–653 (1929).
30. *Benedict, F. G. and Benedict, C. G.*: The energy requirement of intense mental effort.
Proc. Nat. Acad. Sci. 16, 438–443 (1930).
31. *Benninghoff, A. und Goertler, K.*: Lehrbuch der Anatomie des Menschen, Band III.
Urban und Schwarzenberg, München, 1957.
32. *Benziger, T. H.*: The thermostatic regulation of human heat production and heat loss.
Proc. 22. internat. Congr. Physiol. I, 1, 415–438 (1962).
33. *Rittermann, M. E., Krauskopf, J. and Holtzman, W. H.*: The galvanic skin response following artificial reduction of the basal resistance.
I. comp. physiol. Psychol. 47, 230–234 (1954).
34. *Bloch, V. et Bonvallet, M.*: Le déclenchement des réponses électrodermales à partir du système réticulaire facilitateur.
I. de Physiol. 52, 25–26 (1960).
35. *Bonvallet, M., Hugelin, A. et Dell, P.*: Milieu intérieur et activité automatique des cellules réticulaires mésencéphaliques.
J. de Physiol. 48, 403–406 (1956).
36. *Borsky, P. N.*: Community reactions to Air Force noise. Parts I and II.
WADD Tech. Rep. 60–689 (1961).
37. *Boulter, L. R. and Adams, J. A.*: Vigilance decrement, the expectancy hypothesis, and intersignal interval.
Canad. J. Psychol. 17, 201–209 (1963).
38. *Bowsher, J. M., Copeland, W. C. and Robinson, D. W.*: On judging the noise from live aircraft.
National Physical Lab., November 1961.
39. *Bramesfeld, E.*: Einförmige Arbeit und Monotoniewirkung.
REFA Nachr. 5, 6–10 (1952).
40. *Bremer, F.*: Analyse des processus corticaux de l'éveil.
Moscow Coll. on EEG and higher nerv. activ., p. 125–137 (1960).
41. *Broadbent, D. E.*: The vigilant man and the active man.
Advanc. Sci. 13, 399–402 (1957).
42. — Perception and Communication.
Pergamon Press, London, 1958.
43. — The effect of signal frequency in a checking task.
Ergonomics 3, 277 (1960).
44. — Possibilities and difficulties in the concept of arousal.
Vigilance: a symposium, Mc Graw Hill, New York 1963.

45. — Communication personnelle, 1963.
46. Brozek, J., Simonson, E. and Taylor, H. L.: Changes in flicker fusion frequency under stress.
J. appl. Physiol. 5, 330–334 (1953).
47. Buckner, D. N.: participation à la discussion d'un exposé.
Vigilance: a symposium, Mc Graw Hill, New York, 1963.
48. Buckner, D. N. and Mc Grath, J. J.: Préface.
Vigilance: a symposium, Mc Graw Hill, New York, 1963.
49. Bugard, P.: La fatigue.
Masson, Paris, 1960.
50. Burke, C. J.: A brief note on one-tailed tests.
Psychol. Bull. 50, 384–387 (1953).
51. — Further remarks on one-tailed tests.
Psychol. Bull. 51, 587–590 (1954).
52. Busch, G.: Der Einfluss eines bewussten Sichkonzentrierens und Sichentspannens auf die FVF.
Psychol. Beitr. I, 2, p. 313 (tiré à part sans mention d'année).
53. Busch, G. und Wachholder, K.: Einfluss ermüdender geistiger Beanspruchung auf die Flimmerverschmelzungsfrequenz.
Arbeitsphysiol. 15, 149–165 (1953).
54. Capecechi, T.: Variations de la pression artérielle, de la fréquence du pouls et de la température des enfants. I. Influences du sommeil et du repas. (Résumé français.) Fisiologia e Medicina 7, 687 (1936).
55. Caspers, H., Lerche, E. und Grüter, H.: Adaptationserscheinungen der akustisch ausgelösten Weckreaktion bei Reizung mit definierten Tonimpulsen.
Pflügers Archiv 263, 420 (1958).
56. Cattell, R. B.: Experiments on the psychic correlate of the psychogalvanic reflex.
Brit. J. Psychol. 19, 357–386 (1929).
57. Chmelar, V.: Über die Dauer der aktiven akustischen Aufmerksamkeit.
CR 16. Congr. internat. Psychol., 831–833, 1960.
58. Cohen, S. I., Silverman, A. J., Bressler, B. and Shmavonian, B.: Problems in isolation studies.
Sensory Deprivation, Harvard, Cambridge (Mass.), 1961.
59. Collins, J. B. and Hopkinson, R. G.: Intermittent light stimulation and flicker sensation.
Ergonomics 1, 61–76 (1957).
60. Collins, K. J.: Composition of palmar and forearm sweat.
J. appl. Physiol. 17, 99–102 (1962).
61. Darrow, C. W.: The galvanic skin reflex and finger volume changes.
Amer. J. Physiol. 88, 219–229 (1929).

62. Davis, R. C.: Somatic activity under reduced stimulation.
J. comp. physiol. 52, 309–314 (1959).
63. Deese, J.: Some problems in the theory of vigilance.
Psychol. Rev. 62, 359–368 (1955).
64. Deese, J. and Ormond, E.: Studies of detectability during continuous visual search.
WADC Tech. Rep. 53–8 (1953).
65. Dell, P.: L'activité électrique corticale et les systèmes de projection sous-cortico-corticaux diffus.
In Kayser, Physiologie, T. II, Flammarion, Paris, 1963.
66. Dempsey, C. A., Greiner, T. H., Burch, N. R., Chiles, D. and Steel, J.: The human factors in long range flight.
J. aviat. Med. 27, 18–22 (1956).
67. Duffy, E.: Emotion. an example of the need of reorientation in psychology.
Psychol. Rev. 41, 184–198 (1934).
68. Düker, H.: Experimentelle Untersuchung über den Einfluss des Taktes auf fortlaufende Arbeit bei kurzer Arbeitszeit.
Psychotechn. Z.schr. 5, 82–86 (1930).
69. Dustman, R. E., Boswell, R. S. and Porter, P. B.: Beta brain waves as an index of alertness.
Science 137, 533–534 (1962).
70. Edelberg, R., Greiner, T. H. and Burch, N. R.: Some membrane properties of the effector in the galvanic skin response.
J. appl. Physiol. 15, 691–696 (1960).
71. Edwards, M. and Burton, A. C.: Temperature distribution over the human head, especially in the cold.
J. appl. Physiol. 15, 209–211 (1960).
72. Elliott, E.: Auditory vigilance tasks.
Advanc. Sci. 13, 393–399 (1957).
73. Fisher, R. A.: The design of experiments.
Oliver & Boyd, Edinburgh, 1951.
74. Fontegne, J.: Orientation professionnelle et monotonie du travail.
Psychologie et vie 4, 34–36 (1930).
75. Frankman, J. P. and Adams, J. A.: Theories of vigilance.
Psychol. Bull. 59, 257–272 (1962).
76. Fraser, D. C.: Vigilance.
Advanc. Sci. 13, 409–410 (1957).
77. Fraser, D. C. and Samuel, G. D.: Aircrew fatigue in long range maritime reconnaissance: 10. Effects on vigilance.
Flying Pers. Res. Comm. Rep. 907.10 (1956).

78. *Freedman, S. J., Grunebaum, H. U. and Greenblatt, M.*: Perceptual and cognitive changes in sensory deprivation.
Sensory Deprivation, Harvard, Cambridge (Mass.), 1961.
79. *French, J. D., Hernández-Peón, R. and Livingston, R. B.*: Projections from cortex to cephalic brain-stem (Reticular formation) in monkey.
J. Neurophysiol. 18, 74–95 (1955).
80. *Friedmann, G.*: Le travail en miettes.
Gallimard, Paris, 1956.
81. *Fujimori, B.*: Studies on the galvanic skin response using the current and potential method.
Jap. J. Physiol. 5, 394–405 (1956).
82. *Garvey, W. D., Henson, J. B. and Gullledge, I. S.*: Effect of length of observing time on earth satellite visibility.
NRL Rep. 5094 (1958).
83. *Geldreich, E. W.*: Some physiological concomitants of mental work.
Psychol. Monogr. 67, 1–28 (1953).
84. *Gemelli, A. et Galli, A.*: Recherches sur le travail à la chaîne.
Organizz. Scient. del Lavoro 8, No. 9 (1930).
85. *Gildemeister, M.*: Der galvanische Hautreflex als Teilerscheinung eines allgemeinen autonomen Reflexes.
Pflügers Archiv 197, 432–436 (1922).
86. *Goldberger, L. and Holt, R. R.*: Experimental interference with reality contact: individual differences.
Sensory Deprivation, Harvard, Cambridge (Mass.), 1961.
87. *Goldensohn, E. S.*: Role of the respiratory mechanism.
Psychosomat. Med. 17, 377–382 (1955).
88. *Gotsev, T. and Ivanov, A.*: Psychogenic elevation of body temperature.
Proc. 22. internat. Congr. Physiol., II, 501 (1962).
89. *Graf, O.*: Zur Frage der Monotonie der Arbeit und ihrer Bekämpfung.
Arbeitsphysiol. 13, 95–100 (1944).
90. *Grandjean, E.*: La fatigue nerveuse.
J. suisse de Méd. 89, 36–40 (1959).
91. – Physiologische und psychophysiologische Wirkungen des Lärms.
Documenta Geigy 4, Basel, 1960.
92. – Musik und Arbeit.
Z.schr. Präventivmed. 6, 65–70 (1961).
93. – Die zentrale Ermüdung.
In *Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin*, Bd. I, Urban & Schwarzenberg, Berlin, 1961.
94. – Physiologische Arbeitsgestaltung.
Ott, Thun, 1963.

95. *Grandjean, E. und Bättig, K.*: Das Verhalten der subjektiven Verschmelzungsschwellen des Auges unter verschiedenen Arbeits- und Versuchsbedingungen.
Helv. Physiol. Acta 13, 178–190 (1955).
96. *Grandjean, E. und Jaun, H. W.*: Ermüdungsmessungen bei Telephonistinnen während der Nachtarbeit.
Z.schr. Präventivmed. 5, 143–152 (1960).
97. *Grandjean, E. and Perret, E.*: Effects of pupil aperture and of the time of exposure on the fatigue-induced variations of the flicker fusion frequency.
Ergonomics 4, 17–23 (1961).
98. *Grissom, R. J., Suedfeld, P. and Vernon, J. A.*: Memory for verbal material: effects of sensory deprivation.
Science 138, 429 (1962).
99. *Guillard, A.*: La réactivité au cours du sommeil physiologique de l'homme.
Thèse de doctorat, Paris, 1960.
100. *Hammel, H. T. and Rawson, R. O.*: Spontaneous changes in the hypothalamic temperature of the unanesthetized dog.
Proc. 22. internat. Cong. Physiol. II, 487 (1962).
101. *Hawkins, D. R., Puryear, H. B., Wallace, C. D., Deal, W. D. and Thomas, E. S.*: Basal skin resistance during sleep and dreaming.
Science 136, 321–322 (1962).
102. *Hebb, D. O.*: Psychophysiologie du comportement.
P. U. F., Paris, 1958.
103. — A textbook of psychology.
Saunders, Philadelphia, 1958.
104. — Introduction à un texte de W. Heron.
Sensory Deprivation, Harvard, Cambridge (Mass.), 1961.
105. *Held, R. and White, B.*: Sensory deprivation and visual speed.
Science 130, 860–861 (1959).
106. *Hernández-Peon, R. and Hagbarth, K. E.*: Interaction between afferent and cortically induced reticular responses.
J. Neurophysiol. 18, 44–55 (1955).
107. *Heron, W.*: The pathology of boredom.
Scient. Amer. 196, 52–56 (1957).
108. — Cognitive and physiological effects of perceptual isolation.
Sensory Deprivation, Harvard, Cambridge (Mass.), 1961.
109. *Hess, W. R.*: Das Schlafsyndrom als Folge dienzephaler Reizung.
Helv. Physiol. Acta 2, 325–344 (1944).
110. — Die funktionelle Organisation des vegetativen Nervensystems.
Benno & Schwabe, Basel, 1947.

111. — *Das Zwischenhirn.*
Benno & Schwabe, Basel, 1954.
112. — *Psychologie in biologischer Sicht.*
Thieme, Stuttgart, 1962.
113. *Holland, J. G.: Human Vigilance.*
Vigilance: a symposium, Mc Graw Hill, New York, 1963.
114. *Holt, R. R. and Goldberger, L.: Assessment of individual resistance to sensory alteration.*
Psychophysiological aspects of space flight, Columbia, New York, 1961.
115. *Hugelin, A. et Bonvallet, M.: Etude expérimentale des interrelations réticulo-corticales. Proposition d'une théorie de l'asservissement réticulaire à un système diffus cortical.*
J. de Physiol. 49, 1201–1223 (1957).
116. *Irvine, D. H.: Visual inspection as a vigilance.*
Advanc. Sci. 13, 402–408 (1957).
117. *Isaac, W.: Arousal and reaction time in cats.*
J. comp. physiol. Psychol. 53, 334–336 (1960).
118. *Jackson, C. W. and Kelly, E. L.: Influence of suggestion and subjects' prior knowledge in research on sensory deprivation.*
Science 135, 211–212 (1962).
119. *Jasper, H.: Reticular-cortical systems and theories of the integrative action of the brain.*
120. — *Recent advances in our understanding of ascending activities of the reticular system.*
In Reticular formation of the brain, Little Brown & Co., Boston, 1958.
121. *Jerison, H. J.: Experiments on vigilance: IV. Duration of vigil and the decrement function.*
WADC Techn. Rep. 58–369 (1958).
122. — *Human vigilance and operant behavior.*
Science 133, 880–881 (1961).
123. — *On the decrement function in human vigilance.*
Vigilance: a symposium, Mc Graw Hill, New York, 1963.
124. *Jerison, H. J. and Wing, S.: Effects of noise and fatigue on a complex vigilance task.*
WADC tech. Rep. 57–14 (1957).
125. *Jerison, H. J. and Wallis, R. A.: Experiments on vigilance: II. One-clock and three-clock monitoring.*
WADC tech. Rep. 57–206 (1957).
126. — *Experiments on vigilance: III. Performance on a simple vigilance task in noise and in quiet.*
WADC Tech. Rep. 57–318 (1957).

127. Jouvét, M. et Michel, F.: Aspects électroencéphalographiques de l'habituation de la réaction d'éveil.
J. de Physiol. 51, 489–490 (1959).
128. Jouvét, M., Michel, F. et Courjon, J.: Aspects EEG de deux mécanismes inhibiteurs, tél- et rhombencéphalique, entrant en jeu au cours du sommeil.
J. de Physiol. 51, 490–492 (1959).
129. Jung, R.: Electroencephalographic and autonomic responses to sensory stimuli in different stages of consciousness with varying perception. Brain mechanisms and consciousness, Blackwell, Oxford, 1954.
130. Katz, D.: Introduction à la psychologie de la forme.
Rivière, Paris, 1955.
131. Kennedy, J. L.: Some practical problems on the alertness indicator. Symposium on fatigue, Lewis, London, 1952.
132. Kirihaara, S. H.: Static fatigue.
J. Sci. Lab. 37, 309–314 (1961).
133. Kogi, K. and Kawamura, H.: On the variations of flicker fusion frequencies of visual pathways with special reference to activating system of the brain.
J. Sci. Lab. 36, 459–473 (1960).
134. Kondo, T.: Studies on physical and mental reactions of motor drivers to the change of traffic conditions.
J. Sci. Lab. 37, 195–210 (1961).
135. Kubie, L. S.: Theoretical aspects of sensory deprivation. Sensory Deprivation, Harvard, Cambridge (Mass.), 1961.
136. Kundt, H. W., Brück, K. und Hensel, H.: Hypothalamustemperatur und Hautdurchblutung der nichtnarkotisierten Katze.
Pflügers Archiv 264, 97–106 (1957).
137. Küppers, W.: Geistige Tätigkeit und galvanisches Phänomen.
Z.schr. angew. Psychol. 2, 291–320 (1954).
138. Landis, C.: Discussion: «Psychogalvanic reflex» nomenclature.
Psychol. Rev. 39, 184–188 (1932).
139. Landis, C. and Hamwi, V.: The effect of certain physiological determinants on the flicker fusion threshold.
J. appl. Physiol. 6, 566–572 (1954).
140. Leiderman, P. H. and Shapiro, D.: Application of a time series statistic to physiology and psychology.
Science 138, 141–142 (1962).
141. Le Roy, H. L.: Cours de statistiques.
EPF, Zurich 1963.
142. Lian, C. et Vilenski, J.: Savoir interpréter un électrocardiogramme.
De Visscher, Rhode St. Genèse, 1962.

143. Lilly, J. C. and Shurley, J. T.: Experiment in solitude, in maximum achievable physical isolation with water suspension, of intact healthy person. Psychophysiological aspects of space flight, Columbia, New York, 1961.
144. Lindsley, D. B.: Emotion.
Handbook of experimental Psychology, Wiley, New York, 1951.
145. — Common factors in sensory deprivation, sensory distortion and sensory overload.
Sensory Deprivation, Harvard, Cambridge (Mass.), 1961.
146. Livingston, R. B.: Some brain mechanisms relating to psychosomatic functions.
Psychosomat. Med. 17, 347–354 (1955).
147. Lossagk, H.: Experimenteller Beitrag zur Frage des Monotonie-Empfindens.
Industr. Psychotechn. 7, 101–107 (1930).
148. Lovell, G. D. and Morgan, J. J. B.: Physiological and motor responses to a regularly recurring sound. A study in monotony.
J. exp. Psychol. 30, 435–451 (1942).
149. Mackworth, N. H.: The breakdown of vigilance during prolonged visual search.
Quart. J. exper. Psychol. 1, 6–21 (1948).
150. — Researches in the measurement of human performance.
MRC spec. Rep. Ser. No. 268 (1950).
151. — Some factors affecting vigilance.
Advanc. Sci. 13, 389–393 (1957).
152. Mackworth, J. F.: The effect of intermittent signal probability upon vigilance.
Canad. J. Psychol. 17, 82–89 (1963).
153. Magoun, H. W.: Le cerveau éveillé.
P. U. F., Paris, 1958.
154. — Non-specific brain mechanisms.
In Biological and biochemical bases of behavior, Wisconsin, Madison, 1958.
155. Malmo, R. B.: On central and autonomic nervous system mechanisms in conditioning, learning and performance.
Canad. J. Psychol. 17, 1–37 (1963).
156. Mancia, M., Mechelse, K. and Mollica, A.: Microelectrode recording from midbrain reticular formation in the decerebrate cat.
Arch. ital. Biol. 95, 110–119 (1957).
157. Margaria, R.: La conductivité électrique de la peau en fonction de la température.
Arch. ital. Biol. 80, 31–40 (1928).
158. Maruseva, A. M. and Chistovich, L. A.: On modification of the activity of the auditory analyser in man under the influence of verbal stimu-

- lation applied in experiments in the physiology of the sense organs.
Zh. vyssh. nervn. Deiatel 4, 465–473 (1954).
159. *Matt, H.*: Reaktionen unter Aufmerksamkeitsbelastung.
Industr. Psychotechn. 9, 104–112 (1932).
 160. *Mc Cormack, P. D.*: Performance in a vigilance task as a function of interstimulus interval and interpolated rest.
Canad. J. Psychol. 12, 242–246 (1958).
 161. — Performance in a vigilance task with and without knowledge of results.
Canad. J. Psychol. 13, 68–71 (1959).
 162. — Performance in a vigilance task as a function of length of interstimulus interval.
Canad. J. Psychol. 14, 265–268 (1960).
 163. — A two-factor theory of vigilance.
Brit. J. Psychol. 53, 357–363 (1962).
 164. *Mc Grath, J. J.*: Irrelevant stimulation and vigilance performance.
Vigilance: a symposium, Mc Graw Hill, New York, 1963.
 165. *Mc Nemar, Q.*: Psychological statistics.
Wiley, New York, 1955.
 166. *Mendelson, J. A., Kubzansky, P. E., Leidermann, P. H., Wexler, D. and Solomon, P.*: Physiological and psychological aspects of sensory deprivation — a case analysis.
Sensory Deprivation, Harvard, Cambridge (Mass.), 1961.
 167. *Mentzer, E. G.*: Tests by the analysis of variance.
WADC Tech. Rep. 53–23, 1953.
 168. *Mikiska, A.*: A contribution to the technique of recording of the E. C. G. and heart rate in the physiology of work and sport.
Z. Präventivmed. 7, 222–228 (1962).
 169. *Monty, R. A.*: Effects of post-detection response complexity on subsequent monitoring behavior.
Human Factors 4, 201–207 (1962).
 170. *Moruzzi, G.*: Synchronizing influences of the brain stem and the inhibitory mechanisms underlying the production of sleep by sensory stimulation.
Moscow Coll. on EEG and higher nerv. activ. 231–256 (1960).
 171. *Moruzzi, G. and Magoun, H. W.*: Brain stem reticular formation and activation of the EEG.
EEG clin. Neurophysiol. 1, 455–473 (1949).
 172. *Munn, N. L.*: Traité de psychologie.
Payot, Paris, 1961.
 173. *Neu, L.*: Quelques particularités de la résistance électrique de la peau.
J. radiol. et électrol. 10, 219–222 (1926).

174. Nishioka, A., Akiba, N. and Yamahira, J.: Experiments on the prolonged vigilance task.
Rep. of Inst. Sci. Lab. 23-30, Nov. 1960.
175. Ogilvie, J. C.: Effect of auditory flutter on the visual critical flicker frequency.
Canad. J. Psychol. 10, 61-68 (1956).
176. — The interaction of auditory flutter and CFF: Effect of brightness.
Canad. J. Psychol. 10, 207-210 (1956).
177. Olds, J.: Adaptive functions of paleocortical and related structures.
Biological and biochemical bases of behavior, Wisconsin, Madison, 1958.
178. O'Leary, J. L. and Coben, L. A.: The reticular core — 1957.
Physiol. Rev. 38, 243-276 (1958).
179. Oswald, I.: Sleeping and waking.
Elsevier, Amsterdam, 1962.
180. Palestini, M., Rossi, G. F. and Zanchetti, A.: An electrophysiological analysis of pontine reticular region showing different anatomical organization.
Arch. ital. Biol. 95, 97-109 (1957).
181. Pauli, R.: Über den experimentellen Nachweis der Enge des Bewusstseins.
Z. Biol. 92, 37-44 (1931).
182. Pavlov, I. P.: A propos du sommeil. 1910.
Psychopathologie et psychiatrie, Moscou, 1961.
183. — Conditions d'activité et de repos des grands hémisphères. 1915.
Psychopathologie et psychiatrie, Moscou, 1961.
184. — Physiologie de l'activité nerveuse supérieure. 1932.
Psychopathologie et psychiatrie, Moscou, 1961.
185. — Le problème du sommeil. 1935.
Psychopathologie et psychiatrie, Moscou, 1961.
186. Pepler, R. D.: The effect of climatic factors on the performance of skilled tasks by young European men living in the tropics. IV. A task of prolonged visual vigilance.
MRC APU Rep. No. 156-53 (1953).
187. Perret, E.: Le problème psychologique et physiologique de la vigilance.
Z. Präventivmed. 6, 23-31 (1961).
188. — La monotonie.
Praxis 52, 971-974 (1963).
189. Perret, E., Grandjean, E. et Lauber, A.: Evaluation subjective de la gêne provoquée par des bruits d'avions.
(à paraître).
190. Piéron, H.: Psychologie expérimentale.
Colin, Paris, 1927 (réimpression 1948).

191. — Vocabulaire de la psychologie.
PUF, Paris, 1951.
192. Quednau, H.: Die Monotonie, ihre Analyse und ihre Theorie.
Ind. Psychotechn. 17, 84–100 (1940).
193. Randall, W. C., Rawson, R. O., Mc. Cook, R. D. and Peiss, C. N.: Central and peripheral factors in dynamic thermoregulation.
J. appl. Physiol. 18, 61–64 (1963).
194. Reuning, H.: A new flicker apparatus for measuring individual differences.
Acta psychol. 11, 447–466 (1955).
195. Rey, A.: Etude des insuffisances psychologiques.
Delachaux et Niestlé, Neuchâtel, 1947.
196. — L'examen clinique en psychologie.
PUF, Paris, 1957.
197. Richter, C. P.: The sweat glands studied by the electrical resistance method.
Amer. J. Physiol. 68, 147 (1924).
198. — Physiological factors involved in the electrical resistance of the skin.
Amer. J. Physiol. 88, 596–615 (1929).
199. Richter, C. P. and Woodruff, B. G.: Facial patterns of electrical skin resistance.
Bull. Johns Hopkins Hosp. 70, 442–459 (1942).
200. Richter, C. P., Woodruff, B. G. and Eaton, B. C.: Hand and foot patterns of low electrical skin resistance: Their anatomical and neurological significance.
J. Neurophysiol. 6, 417–424 (1943).
201. Ruff, G. E., Levy, E. Z. and Thaler, U. H.: Factors influencing reactions to reduced sensory inputs.
Sensory Deprivation, Harvard, Cambridge (Mass.), 1961.
202. Runquist, W. N. and Ross, L. E.: The relation between physiological measures of emotionality and performance in eyelid conditioning.
J. exp. Psychol. 57, 329–332 (1959).
203. Rüssel, A.: Arbeitspsychologie.
Huber, Bern, 1961.
204. Rutenfranz, J.: Über das Verhalten der Pulsfrequenz bei Arbeit unter Zeitdruck.
Arbeitsphysiol. 18, 264–279 (1960).
205. Ryan, T. A., Bitterman, M. E. and Cottrell, C. L.: Relation of CFF in reading.
Ill. Engin. 68, 385–391 (1953).
206. Saldanha, E. L.: An investigation into the effects of prolonged and exacting visual work.
MRC APU Rep. No. 243 (1955).
207. Sandor, B.: Die Reaktionszeiten des Menschen.
Industr. Psychotechn. 8, 223–248 (1931).

208. *Schmidtke, H.*: Über die Messung der psychischen Ermüdung mit Hilfe des Flimmertestes.
Psychol. Forsch. 23, 409–463 (1951).
209. *Scholander, T.*: Habituation of autonomic response elements under two conditions of alertness.
Acta physiol. Scand. 50, 259–268 (1960).
210. *Siegel, S.*: Nonparametric statistics.
Mc Graw Hill, New York, 1955.
211. *Smith, P. C.*: The prediction of individual differences in susceptibility to industrial monotony.
J. appl. Psychol. 39, 322–330 (1955).
212. *Snedecor, G. W.*: Statistical Methods.
Iowa State College, Ames, 1956.
213. *Snider, R. S., Mc Culloch, W. S. and Magoun, H. W.*: A cerebello-bulbo-reticular pathway for suppression.
J. Neurophysiol. 12, 325–334 (1949).
213. *Snider, R. S. and Magoun, H. W.*: Facilitation produced by cerebellar stimulation.
J. Neurophysiol. 12, 335–3345 (1949).
215. *Solomon, P., Leiderman, P. H., Mendelson, J. and Wexler, D.*: Sensory deprivation: A review.
Amer. J. Psychiatr. 114, 357–363 (1957).
216. *Stamm, J. S.*: On the relationship between reaction time to light and latency of blocking of the alpha rhythm.
EEG clin. Neurophysiol. 4, 61–68 (1952).
217. *Starzl, T. E., Taylor, C. W. and Magoun, H. W.*: Ascending conduction in reticular activating system, with special reference to the diencephalon.
J. Neurophysiol. 14, 461–477 (1951).
218. *Stevens, S. S.*: Handbook of experimental psychology.
Wiley, New York, 1951.
219. – On the psychophysical law.
Psychol. Rev. 64, 153–181 (1957).
220. *Suchi, T.*: Experiments on the electrical resistance of the human epidermis.
Jap. J. Physiol. 5, 75–80 (1955).
221. *Tanche, M., Chatonnet, J. et Cabanac, J.*: Exclusion élective de la sensibilité «centrale» hypothalamique au froid.
CR 22. congrès intern. de Physiol. II, 484 (1962).
222. *Tarrière, C. et Wisner, A.*: L'épreuve de vigilance. Un moyen d'étude des accidents inexpliqués.
Psychol. franç. 5, 261–283 (1960).
223. *Thomas, L. F.*: Perceptual organization in industrial inspectors.
Ergonomics 5, 429–434 (1962).

224. Thompson, L. A.: Measuring susceptibility to monotony.
Pers. J. 8, 172–196 (1929).
225. Traxel, W.: Über die Skalierung von Aktivationsprozessen.
CR 16. congrès intern. de Psychol. V, 5 (1960).
226. Vernon, J. A. and Mc Gill, T. E.: Sensory deprivation and pain thresholds.
Science 133, 330–331 (1961).
227. Vernon, J. A., Mc Gill, T. E., Gullick, W. L. and Candland, D. K.: The effect
of human isolation upon some perceptual and motor skills.
Sensory Deprivation, Harvard, Cambridge (Mass.), 1961.
228. Viteles, M. S.: L'homme et la machine: le problème de l'ennui.
Trav. Hum. 15, 85–100 (1952).
229. Wang, G. H.: The galvanic skin reflex. A review of old and recent works
from a physiologic point of view. Part one.
Amer. J. Phys. Med. 36, 295–320 (1957).
230. — The galvanic skin reflex. A review of old and recent works from a
physiologic point of view. Part two.
Amer. J. Phys. Med. 37, 35–57 (1958).
231. Ward, E. F.: The measurement of skin temperature in its relation to the
sensation of comfort.
Amer. J. Hyg. 12, 130–154 (1930).
232. Weber, E.: Grundriss der biologischen Statistik.
Fischer, Jena, 1961.
233. Wechsler, D.: The measurment of emotional reactions.
Arch. Psychol. 12, 5–18 (1925).
234. Whittenburg, J. A.: A study of three measures of perceptual efficiency
during sustained vigilance.
Univ. of Maryland Tech. Rep. No. 17 (1953).
235. Whittenburg, J. A., Ross, S. and Andrews, T. G.: Sustained perceptual effi-
ciency as measured by the clock test.
Percept. mot. Skills 6, 109–116 (1956).
236. Wilcott, R. C.: A comparison of palmar and non-palmar skin conductance.
J. comp. physiol. Psychol. 53, 38–41 (1961).
237. Wilkinson, R. T.: Paced versus unpaced vigilance.
Ergonomics 3, 278–279 (1960).
238. — Interaction of lack of sleep with knowledge of results, repeated
testing and individual differences.
J. exp. Psychol. 62, 263–271 (1961).
239. Woodworth, R. S. and Schlosberg, H.: Experimental psychology.
Holt, New York, 1954.
240. Wyatt, S.: Boredom in industry.
Pers. J. 8, 161–171 (1929).

241. — Workers and machines.
Occup. Psychol. 13, 249–257 (1939).
242. Wyatt, S., Fraser, J. A. and Stock, G. G. L.: The effects of monotony in work.
A preliminary inquiry.
Ind. Heal. Res. Board Rep. 56 (1929).
243. Zweig, F.: Drei Arten der Monotonie.
Soziale Beziehungen in der Industrie 4, 90–93 (1952).

